

Biogeografía

Composición de la flora vascular, delimitación y estado de conservación de lomas del cerro Ochiputur (Trujillo, Perú): alcances para la identificación y gestión de ecosistemas desérticos

Composition of vascular flora, delimitation and state of conservation of lomas of Ochiputur mountain (Trujillo, Peru): a scope for the identification and management of desert ecosystems

Norton Cuba-Melly *

Universidad Científica del Sur, Facultad de Ciencias Ambientales, Panamericana Sur Km. 19, Villa El Salvador, Lima, Perú

*Autor para correspondencia: nortoncuba92@gmail.com (N. Cuba-Melly)

Recibido: 8 diciembre 2023; aceptado: 17 septiembre 2024

Resumen

El desierto costero sudamericano es un ambiente de extrema aridez que recibe agua en forma de neblina oceánica y precipitaciones discontinuas provistas por El Niño-Oscilación del Sur (ENSO por sus siglas en inglés). Sus particulares condiciones climáticas y geográficas son refugio de especies de flora, y fauna altamente especializada, que además de poseer un alto grado de endemismo se encuentran amenazadas por actividades humanas. Los objetivos del presente estudio fueron: proponer una delimitación del ecosistema de lomas en una localidad del norte del Perú conocida como cerro Ochiputur usando herramientas de teledetección y el análisis del Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (o NDVI por su acrónimo en inglés), y efectuar una línea base de flora vascular e identificar impulsores de cambio en el área de estudio. El análisis NDVI permitió estimar la cobertura vegetal del ecosistema, aunque aún presenta limitaciones, asimismo, se evidencia la influencia del ENSO sobre la cobertura vegetal y el avance de actividades antrópicas perjudiciales. Se registraron 134 especies de plantas vasculares distribuidas en 3 unidades del paisaje del ecosistema de lomas. Finalmente, se discute una conexión entre el desierto y ecosistemas altoandinos, y la eficiencia de la teledetección en la delimitación de ecosistemas desérticos.

Palabras clave: Desierto costero; Impulsores de cambio; Inventarios florísticos; La Libertad; Teledetección

Abstract

The South American coastal desert is an extremely arid environment that receives water in the form of ocean mist and discontinuous precipitation provided by the El Niño-Southern Oscillation (ENSO). Its particular climatic and geographical conditions are a refuge for highly specialized flora and fauna species, which in addition to having a high degree of endemism are threatened by human activities. The objectives of the present study were: to propose a delimitation of the lomas ecosystem in a locality in northern Peru known as Ochiputur mountain using remote sensing tools and the analysis of the Normalized Differential Vegetation Index (NDVI), and to carry out a vascular flora baseline and identify drivers of change in the area of study. The NDVI analysis allowed us to estimate the vegetation cover of the ecosystem, although it still has limitations. Likewise, the influence of ENSO on the vegetation cover and the advance of harmful anthropic activities is evident. We recorded 134 species of vascular plants distributed in 3 landscape units of the lomas ecosystem. Finally, a connection between the desert and high Andean ecosystems, and the efficiency of remote sensing in the delimitation of desert ecosystems, were discussed.

Keywords: Coastal desert; Drivers of change; Floristic inventories; La Libertad; Remote sensing

Introducción

Los desiertos alrededor del mundo son biomas singulares que abarcan vastas extensiones de la superficie terrestre, caracterizados por sus condiciones de extrema aridez, escasez de precipitaciones y se pueden clasificar, según su zona climática, como: subtropicales, polares, invernales y costeros fríos (Smith y Pettorelli, 2020). Estos parajes de apariencia inhóspita pueden desplegar altas tasas de endemismo debido a procesos adaptativos de la biocenosis, como respuesta a sus condiciones ambientales extremas, por lo que representan refugios de diversidad para especies de distribución restringida y amenazada (Brito y Pleguezuelos, 2020). Los desiertos costeros fríos son particularmente diferentes a los que se encuentran al interior de los continentes, ya que poseen temperaturas promedio más estables y una alta humedad relativa como consecuencia de su proximidad a corrientes de aguas frías, producto de la surgencia de aguas marinas y a una fuerte subsidencia atmosférica que da origen a anticlones (DellaSalla y Goldstein, 2020; Laity, 2009). Durante el invierno austral, los desiertos costeros fríos reciben aportes de agua temporal y espacialmente variables, donde destacan principalmente: la presencia de nubes de estratocúmulos que puede producir ligera precipitación o garías, el ingreso de niebla advectiva proveniente del océano transportada por el anticiclón y el desarrollo de niebla orográfica que se forma con el enfriamiento del aire al encontrarse con diversas formaciones geográficas en el litoral de la costa, ambos tipos de neblina se pueden condensar en forma de garúa o formar gotas de rocío al encontrarse con una superficie más fría (Cereceda et al., 2002; Eckardt et al., 2013). Asimismo, la formación de una capa de inversión térmica reduce la evaporación del agua del suelo y el impacto de la radiación solar, promoviendo condiciones favorables para el desarrollo de la vida en el

desierto. Dentro de los desiertos costeros fríos, también conocidos como desiertos de niebla, se destacan el desierto peruano-chileno en Sudamérica y el desierto de Namib en el sur de África (Smith y Pettorelli, 2020).

El desierto peruano-chileno forma un estrecho cinturón hiperárido en gran parte de la costa de Sudamérica, interrumpido brevemente por valles y humedales que se originan dentro de la cuenca hidrográfica del Pacífico (modificado de Dillon et al., 2003). Las condiciones ambientales del desierto costero sudamericano se encuentran principalmente influenciadas por la Cordillera de los Andes, la corriente fría de Humboldt y el anticiclón del Pacífico sur (Garreaud et al., 2010; Hartley y Chong, 2002). Estos factores climáticos y geográficos originan una marcada estacionalidad; en los meses de junio a octubre, con el ingreso de niebla oceánica al continente, se constituye una época húmeda, que es testigo de un auge en la composición de flora y fauna del desierto, así como del recubrimiento del suelo por vegetación predominantemente herbácea, mientras que a inicios de noviembre, con el aumento de la temperatura y la exposición solar que inhibe la condensación de la humedad atmosférica, comienza una época seca, donde la vegetación culmina su ciclo de vida o entra en estado de latencia, devolviéndole al paisaje desértico su aspecto estéril; sin embargo, existen especies perennes que continúan su ciclo de floración a lo largo del verano como arbustos, subarbustos, tillandsias, cactus, hierbas perennes y árboles (Cornejo-Badillo et al., 2023; Cuba-Melly y Odar, 2018; Rundel et al., 1991; Velarde, 1945). De igual forma, los componentes bióticos de este desierto se encuentran influenciados por la oscilación del sur El Niño (o ENSO, su acrónimo en inglés), un evento cíclico, pero no periódico, que en su fase positiva suministra precipitaciones extraordinarias en los meses del verano austral desencadenando un incremento sustancial en

la extensión de la cobertura vegetal y la producción primaria, así como una alteración en el ciclo fenológico de las especies (Dillon y Rundel, 1990; Tovar et al., 2018; Vining et al., 2022). Este ecosistema desértico es conocido como lomas en Perú u oasis de neblina en Chile y sus nombres usualmente coinciden con la provincia en la que se encuentran ubicadas o la elevación natural que más predomine en el terreno, conocidas localmente como cerros.

La flora de lomas es el grupo más estudiado en la literatura científica para este ecosistema, debido a ello, existen múltiples inventarios florísticos, especialmente para Perú (Dillon et al., 2011; González et al., 2023; Lleellish et al., 2015; Weberbauer, 1945; Whaley et al., 2019). De igual forma, se han realizado esfuerzos denodados a escala local que contribuyen al conocimiento colectivo de la flora de lomas, principalmente en el centro y sur del país (Cuba-Melly y Odar, 2018; Leiva et al., 2008; Montesinos-Tubée y Mondragón, 2020; Quipuscoa et al., 2016; Trinidad et al., 2012), por el contrario, en el norte, existe un gran vacío de información para la mayor parte de localidades, con excepción de lomas del cerro Campana (Leiva et al., 2014; Sagástegui et al., 1988; Weberbauer, 1945). Asimismo, aún se desconoce la extensión total de las localidades donde se desarrollan las formaciones de lomas en el desierto peruano, siendo solamente las más conocidas las que se encuentran representadas en el mapa nacional de ecosistemas de Perú (MINAM, 2019). Sin embargo, el uso reciente de herramientas de teledetección ha expuesto que la superficie de lomas se encuentra subestimada (Moat et al., 2021). La ausencia de una delimitación concreta y de conocimiento sobre la composición florística de lomas ha profundizado el desinterés por su conservación, provocando el avance de actividades socioeconómicas con impactos negativos sobre el ecosistema como el cambio de uso de suelo para la agricultura, la minería no metálica, la expansión urbana, la ganadería intensiva, el establecimiento de granjas avícolas y la depredación de flora y fauna, entre las más comunes (Alonso y Solórzano, 2021; Pollack et al., 2020). Estas alteraciones en sistemas naturales son denominadas también como impulsores de cambio, que son factores naturales o inducidos por el hombre que producen modificaciones en la biodiversidad y procesos ecosistémicos (Ferrier et al., 2016; MA, 2005).

En la región La Libertad, en el norte del Perú, se han identificado hasta la fecha solo 7 formaciones de lomas: cerro Cabezón, cerro Campana, cerro Prieto, cerro Cabras, cerro Ochiputur, cerro Negro y Virú, de la más septentrional a la más austral, respectivamente (Dillon et al., 2011). El cerro Ochiputur se destaca por su imponente elevación de 1,000 m snm, que se puede observar desde la ciudad de Trujillo, capital de la región. A pesar de su

cercanía, son exigüas las publicaciones científicas sobre flora y fauna que nos permiten valorar su diversidad biológica y evaluar su estado de conservación. Desde 1940 y hasta finales de 1990, personajes ilustres de la botánica peruana realizaron expediciones florísticas en lomas del cerro Ochiputur, dentro de los que destacan Nicolás Angulo, Abundio Sagástegui, Arnaldo López, Octavio Velarde, Michael Dillon y José Mostacero, sus colecciones fueron incorporadas al Herbario Truxillense (HUT) (Sagástegui et al., 1988); lamentablemente estos hallazgos nunca fueron publicados. Rundel et al. (1991) menciona brevemente la presencia de 100 especies de flora vascular para esta localidad, sin brindar una lista formal, citando el trabajo de Sagástegui et al. (1988), no obstante, esta publicación enfoca sus resultados en brindar un análisis del clima, suelo y composición florística solamente del cerro Campana, por lo que no ha sido posible corroborar esta información. Finalmente, el último estudio florístico realizado en el cerro Ochiputur fue realizado por Corcuera (2017), quien reportó un total de 34 especies.

Ante la ausencia de conocimiento en la que se encuentra el ecosistema de lomas del cerro Ochiputur, el presente estudio busca revalorar el esfuerzo realizado por diversos botánicos en el siglo XX y generar nueva información sobre la composición de flora vascular del área de estudio. Asimismo, explora el concepto actual de lomas, propone una metodología para la delimitación del ecosistema e identifica impulsores de cambio con la finalidad de mejorar la gestión de ecosistemas desérticos y evitar el avance de actividades perjudiciales para la biodiversidad.

Materiales y métodos

El ecosistema de lomas del cerro Ochiputur se encuentra ubicado en el distrito de Salaverry, provincia de Trujillo, región de La Libertad, Perú (UTM Zona 17 L 726254 9094206). La única vía de acceso asfaltada que se encuentra cerca al área de estudio es la carretera Panamericana Norte a la altura del km 551. Geológicamente, la zona abarca mantos arenosos conformados por la acumulación de arenas cuarzosas transportadas por el viento (depósito eólico no consolidado) formando dunas y pampas amplias hasta llegar a montañas constituidas por afloramientos de rocas ígneas intrusivas como la granodiorita y el granito (INGEMMET, 2016), cuya elevación máxima es conocida localmente como cerro Ochiputur, Chiputur o Apu Leo. Anualmente recibe visitantes, sin embargo, no cuenta con señalización, rutas establecidas para el turismo o hitos que denoten la existencia del ecosistema. El área de estudio cuenta con la presencia parcial de 2 sitios arqueológicos: El área IX-X Cerro Alto Salaverry y Cerro

Ochiputur que reporta restos del periodo Formativo Tardío de la cultura Salinar (MINCUL, 2001a) y el área VIII Quebrada La Mina que reporta evidencias arqueológicas correspondientes a periodos Lítico-Paijanense, Formativo Temprano y Medio-Cupisnique, Formativo Tardío-Salinar y Estados Regionales Tardíos-Chimú (MINCUL, 2001b). En dirección oeste y suroeste, entre la llanura desértica y las dunas se han constituido campos agrícolas, irrigados por el canal del proyecto especial Chavimochic (PECH), zonas urbanas, la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Trujillo y torres de alta tensión que cruzan líneas de transmisión de energía eléctrica de 220 kV, administrados por la Red de Energía del Perú, S.A. (fig. 1).

El ecosistema de lomas del cerro Ochiputur fue reconocido como Ecosistema Frágil (EF) por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (Serfor), quien las define como "áreas de alto valor de conservación por su biodiversidad y los servicios ambientales que brindan, y son altamente vulnerables a consecuencia de las actividades antrópicas que se desarrollan en ellas o en su entorno", y se rigen en un marco normativo distinto al de las Áreas Naturales Protegidas (MINAGRI, 2020). Dentro de esta área se conservan 883.75 ha que circunscriben solamente el macizo rocoso y sus quebradas (SERFOR, 2018a). Su altitud oscila entre 396 y 1,112 m snm. La ficha técnica de campo elaborada para este reconocimiento registra un total de 12 especies de flora, 10 de aves, 1 de mamífero y 1 de reptil. La evaluación fue realizada en una sola visita de campo, el 17 de agosto de 2016. Asimismo,

la delimitación de la cobertura vegetal se realizó con base en una interpretación visual, obtenida mediante el análisis NDVI de una imagen satelital LANDSAT 8 OLI/TIRS, con fecha 04 de agosto de 2014 y corregida con observaciones en campo. Finalmente, reporta la presencia de residuos sólidos y expansión urbana (SERFOR, 2018b).

Para entender el concepto actual de lomas y proponer una delimitación es necesario realizar una distinción en la terminología, entre el ámbito geomorfológico y el ecológico. En el ámbito geomorfológico, loma o lomada es una elevación natural del terreno menor a 300 metros de altura desde su base y con inclinación de laderas promedio superior a 16% (Villota, 2005). En el ámbito ecológico, lomas es un ecosistema que se desarrolla en el bioma del desierto costero sudamericano, donde las condiciones climáticas del invierno austral permiten el desarrollo de vegetación estacional y predominantemente herbácea, con la presencia de otras formas de crecimiento perenne en menor proporción, en altitudes que van desde 0 hasta 1,000 m snm (Dillon, 2003; MINAM, 2019; Rauh, 1985; Rundel et al., 1991). Se propone evitar el uso de años ENSO positivos para la delimitación de ecosistemas de lomas debido a que son eventos no periódicos, en los que ocurren precipitaciones extraordinarias que distorsionan la temporalidad y cobertura del ecosistema (Tovar et al., 2018; Vining et al., 2022). No obstante, su análisis en el presente estudio resulta de interés para evaluar los patrones de distribución y cobertura de la vegetación que implica este evento sobre el ecosistema de lomas.

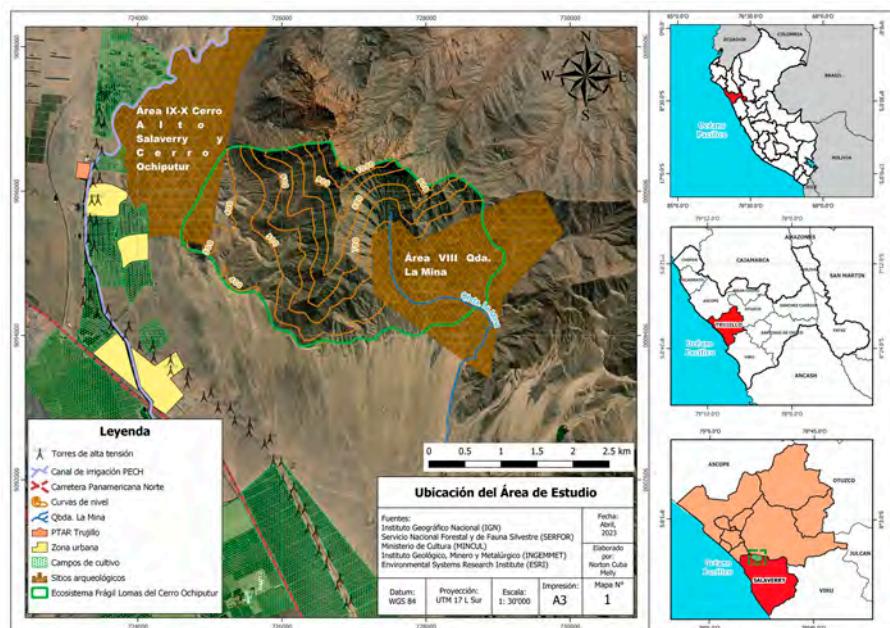


Figura 1. Mapa del área de estudio.

Se evaluaron imágenes satelitales Landsat 8 OLI/TIRS C2 L1 (path:9, row:66) procedentes de los años 2013 a 2022 extraídas de forma gratuita del Servicio Geológico de los Estados Unidos (o USGS por su acrónimo en inglés). El satélite Landsat 8 tiene disponibilidad de imágenes desde su fecha de lanzamiento en el año 2013, su intermitencia es de 16 días y la resolución espacial de sus imágenes es de 30×30 m (USGS, 2022). Se escogieron imágenes que tuvieran porcentaje de nubosidad menor a 15% entre los meses de agosto y septiembre para años regulares, por ser los meses que mejor evidencian el desarrollo de vegetación en época húmeda. Para el evento ENSO del 2017 se utilizó el mes de abril, por ser mes que mejor reflejó el desarrollo de vegetación para este evento. Se hizo un preprocesamiento de las imágenes con el complemento SCP del software QGIS, con el que se ejecutó una corrección atmosférica DOS1 y se empleó la herramienta Pansharpening para obtener una resolución espacial de 15×15 m.

Para estimar la extensión de la cobertura vegetal del ecosistema se utilizó el software QGIS con el que se efectuó el cálculo del *índice de vegetación diferencial normalizado* (o NDVI por su acrónimo en inglés), el cual es adimensional y tiene un rango de valores que van de -1 a 1 (Weier y Herring, 2000). El NDVI se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Esta métrica estándar para superficies terrestres se basa en el principio de que la actividad fotosintética de las plantas absorbe la luz roja y refleja la luz infrarroja en las plantas sanas (Pettorelli et al., 2005). Cuando ocurren procesos fotosintéticos al incrementar o disminuir la clorofila en las plantas, una serie temporal del NDVI expone una tendencia positiva cuando el desarrollo es óptimo o negativa cuando el suelo se encuentre desprovisto de vegetación o presente cuerpos de agua (Lepage et al., 2023). El NDVI como índice espectral de vegetación es utilizado en ecosistemas desérticos debido a su alta sensibilidad, que permite evidenciar un contraste entre la presencia y ausencia de vegetación (Chávez et al., 2019).

Después de realizar algunos ensayos, se decidió delimitar la vegetación de lomas con valores de NDVI mayores a 0.15, que coincide con el valor umbral utilizado por Chávez et al. (2019) y Moat et al. (2021) para este ecosistema.

Establecimiento de línea base de flora vascular. El presente estudio con fines de investigación científica de flora silvestre fue autorizado por la Resolución de Dirección General Núm. 342- 2018-MINAGRI-SERFOR-

DGGSPFFS, emitida por la autoridad nacional competente en materia de flora y fauna silvestre. Se realizaron recolectas libres de plantas vasculares entre septiembre de 2018 y diciembre de 2019 para abarcar la época seca y húmeda. Las colecciones botánicas fueron depositadas en el Herbario Truxillense (HUT). Actualmente, el EF lomas de cerro Ochiputur solo incluye el macizo rocoso y sus quebradas, por lo que también se incluyó el sistema de dunas dentro del estudio. Además, se realizaron visitas entre los años 2014 y 2022, se tomaron anotaciones sobre la flora y el estado del ecosistema. Las especies fueron registradas con imágenes fotográficas y georreferenciadas con un dispositivo GPS GARMIN. Para realizar la línea base también se consultaron las colecciones botánicas, que tuvieran como localidad cerro Ochiputur o Chiputur, en el Herbario Truxillense (HUT), así como en bases de datos virtuales de los herbarios United States National Herbarium (US) y Field Museum Herbarium (F). Los acrónimos de herbarios se indican según lo establecido por Thiers (2023).

El ordenamiento taxonómico de las especies se realizó utilizando el sistema de clasificación de APG IV (Chase et al., 2016). Para la determinación de especies se emplearon diversos trabajos de sistemática y taxonomía como León et al. (2002), Ostolaza (2014), Peralta et al. (2005), Robinson (1906), Tovar (1993), entre otros. La revisión de los epítetos, nombre de autores y procedencia de las especies (endémica del Perú, nativa o introducida) se realizó usando las bases de datos: GBIF (2023), POWO (2023) y Tropicos (2023). Se consideran como especies nativas a aquellas que son encontradas de forma natural en el continente americano, e introducidas a aquellas que provengan de un continente diferente al americano o sean especies cultivadas.

Identificación de amenazas al ecosistema y estado de conservación actual. Se clasificaron impulsores de cambio según la definición y el modelo conceptual propuesto por Ferrier et al. (2016). Asimismo, se solicitó información al gobierno regional de La Libertad y a la municipalidad provincial de Trujillo sobre el estado de conservación actual de lomas del cerro Ochiputur.

Resultados

Delimitación de lomas del cerro Ochiputur usando herramientas de sistemas de información geográfica (SIG). Se obtuvieron 6 imágenes satelitales con las características propuestas en la metodología para el análisis NDVI correspondientes a los años: 2014, 2016, 2017, 2019, 2021 y 2022 (fig. 2). Los valores de NDVI en los arenales que se encuentran entre 0.15 y 0.25 manifiestan el desarrollo de hierbas anuales, perennes, subarbustos

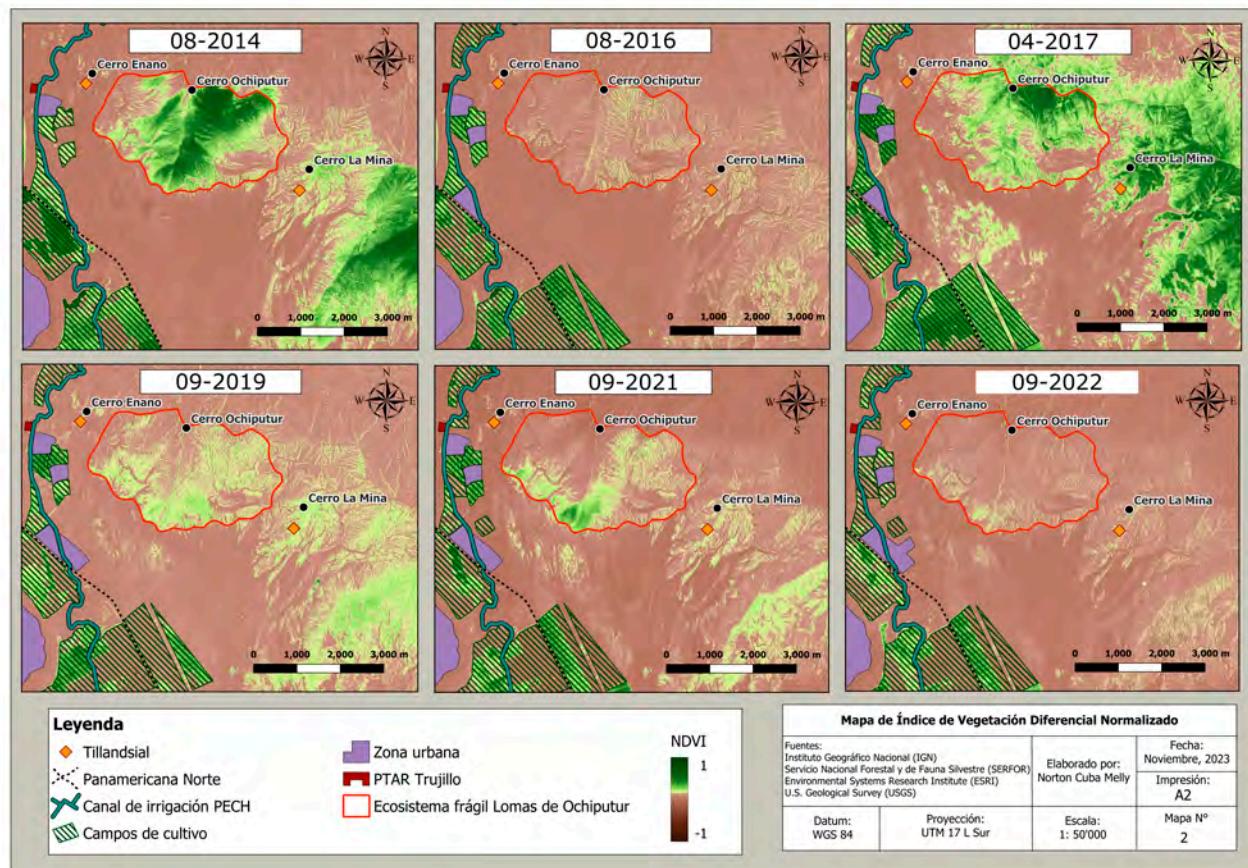


Figura 2. Mapa de índice de vegetación diferencial normalizado.

y cactus. En esta unidad del paisaje, la vegetación se detecta desde el valor de 0,10; sin embargo, al reducir el umbral a este valor, se dificulta visualizar el contraste de presencia/ausencia de vegetación entre la montaña y los arenales. Igualmente ocurre en áreas donde se despliegan poblaciones de *Tillandsia* spp. Por otra parte, estos valores para la montaña significan que tiene una cobertura de vegetación escasa o en estrés hídrico, y que no hay suficiente humedad para el desarrollo foliar de arbustos, lo cual ha sido corroborado con observaciones en campo. Cuando los valores de NDVI son mayores a 0.35 indican un mejor desarrollo herbáceo y arbustivo. Se reportan por primera vez tilandsiales en el cerro la Mina y en el cerro Enano, siendo el primero el de mayor extensión. Se encuentran principalmente compuestos por *T. latifolia* y *T. purpurea*, en asociación con cactus y arbustos bastante dispersos como: *N. arequipensis*, *H. pacalaensis*, *L. boerhaviifolium*, *T. cacalioides* y *S. spicata*. El análisis de NDVI demostró no ser suficientemente sensible para diferenciar la vegetación de lomas en los arenales.

El año 2014 fue el de mejor desarrollo vegetativo con un valor de NDVI que llegó hasta 0.79; a pesar de ello, la vegetación en los arenales tuvo una cobertura casi desapercibida y se encontró solamente cercana a la montaña. Los años 2016, 2019 y 2022 fueron años con escasa cobertura vegetal y valores promedio inferiores a 0.25, coincidiendo con los reportes de campo, en donde la vegetación se encontraba dispersa, con porte bajo y poco o nulo desarrollo foliar en los arbustos. En estos años, una alta exposición solar y una cobertura nubosa que se comenzó a disipar paulatinamente en agosto forzó una transición temprana hacia la época seca, mientras que en el 2014, el verdor se mantuvo hasta octubre-noviembre. En abril de 2017, bajo la influencia de lluvias extraordinarias por un evento ENSO positivo, se manifestó una mayor cobertura vegetal en la quebrada La Mina con un valor máximo de NDVI de 0.75, menor al de 2014. Igualmente, los arenales registraron un revestimiento de herbáceas, esencialmente provisto por *T. paronychoides*, que se extendió de forma homogénea hasta 320 m snm, en donde

comenzó a aumentar la diversidad de especies conforme se aproximaba hacia el macizo rocoso. En la montaña las especies más usuales fueron: *P. purpureodisca*, *N. humifusa*, *S. arcanum*, *N. paniculata* y *Sicyos baderoa* Hook. et Arn. En este año, también se observó una formación de vegetación continua del ecosistema de lomas desde el cerro Queneto, en la provincia de Virú hasta el cerro Ochiputur y ésta, a su vez, unía con el matorral andino de La Libertad, lo que no ocurre en años regulares. La vegetación herbácea en los arenales se secó por completo llegando a los meses de invierno, sin embargo, en los años consecutivos, volvió aemerger solamente en la época húmeda, aunque con menor cobertura. El análisis de NDVI también permitió dar cuenta de la ampliación de la frontera agrícola y la urbanización en los arenales entre el año 2014 y 2022.

Composición de la flora vascular. Se registraron un total de 134 especies de plantas vasculares pertenecientes a 43 familias. Las familias con mayor número de especies fueron: Asteraceae (20 spp.), Solanaceae (16 spp.), Malvaceae (9 spp.), Boraginaceae (8 spp.), Cactaceae (7 spp.), Fabaceae (6 spp.) y Poaceae (5 spp.) (figs. 3-9). Se evidencia que un total de 42 especies son endémicas del Perú, lo cual equivale a 31.34% del total de especies evaluadas. La familia Solanaceae contiene la mayor cantidad de endemismos con 9 especies, seguida por las familias Asteraceae (7 spp.) y Malvaceae (4 spp.). Las especies nativas fueron 83, mientras que las introducidas 7, es decir, 61.94% y 5.22% del total, respectivamente. Se registraron 19 especies de flora vascular solamente en herbarios, pero no se encontraron en las visitas de campo. Las colecciones de herbarios exhiben muestras del área de estudio comprendidas entre los años 1948-1986 (tabla 1).

Las precipitaciones estacionales que reciben las lomas del cerro Ochiputur tienen influencia en la proliferación de vegetación principalmente en 3 unidades del paisaje: 1) arenales, conformados por depósitos eólicos que se extienden en la parte baja del cerro Ochiputur, entre 240 y 600 m snm. En la época seca, los mantos de arena se perciben como un paraje inhóspito y desprovisto de vegetación con la excepción de la presencia de cactus y tillandsias. Aquí se advierten comunidades dispersas de *Haageocereus pacalaensis* Backeb. en asociación con *Tillandsia latifolia* Meyen y *Tillandsia purpurea* Ruiz et Pav. En años donde la humedad es suficiente, se observa durante el invierno el desarrollo de hierbas anuales y perennes entre julio e inicios de septiembre, tales como: *Cistanthe paniculata* (Ruiz et Pav.) Carolin ex Hershk., *C. lingulata* (Ruiz et Pav.) Hershk., *Cristaria multifida* (Dombey ex Cav.) Cav., *Oenothera arequipensis* Munz et I.M. Johnst., *Palaua malvifolia* Cav., *Palaua rhombifolia* Graham, *Nolana humifusa* (Gouan) I.M. Johnst., *Nolana*

gayana (Gaudich.) Koch, *Chenopodium petiolare* Kunth y *Tiquilia paronychioides* (Phil.) A.T. Richardson. Entre las dunas, la presencia de rocas y cantos rodados brindan refugio a especies como: *Plantago limensis* Pers., *Tillandsia recurvata* (L.) L., *Ephedra americana* Humb. et Bonpl. ex Willd., *Atriplex rotundifolia* Dombey ex Moq. y *Alternanthera truxillensis* Kunth, además de las previamente mencionadas. Se registran también subarbustos de *Tiquilia dichotoma* (Ruiz et Pav.) Pers., que junto con *H. pacalaensis*, se encuentran formando y estabilizando las dunas a partir de los 350 m snm. Un total de 9 especies están restringidas a los arenales dentro de las que destacan especies de los géneros: *Oenothera*, *Palaua*, *Cistanthe*, *Cristaria*, *Ephedra* y *Plantago*. A lo largo de su gradiente altitudinal no se observan cambios que denoten mayor heterogeneidad en la composición vegetal de los arenales, el factor con mayor impacto en la diversidad para esta unidad de paisaje es la presencia de roquedales que permiten mayor acumulación de humedad; 2) piedemonte, los arenales se ven interrumpidos por la elevación de la montaña, donde existe una gran depresión que forma un espacio interdunal de hasta 20 m de altura. El piedemonte se constituye del ecotono entre las dunas y la montaña, con suelos arenosos que reciben sedimentos de las partes altas, así como material aluvial que se acumulan en la falda de la montaña. Estas características particulares hacen que las especies anuales puedan conservarse por más tiempo y vigor, incluso hasta inicios de la época seca, igualmente sirve de hábitat para arbustos y cactus de mayor tamaño que en la montaña. El piedemonte más extenso se encuentra en la base de la quebrada La Mina donde se encuentran depósitos aluviales de aproximadamente 7 ha entre 380 y 440 m snm. Aquí se establece un matorral disperso con arbustos como: *Lycium boerhaeifolium* L. f., *Capparicordis crotonoides* (Kunth) Iltis et Cornejo, *Beatempsia avicennifolia* (Kunth) Gaudich. y cactus: *H. pacalaensis*, *Melocactus peruvianus* Vaupel y *Neoraimondia arequipensis* (Meyen) Backeb, en menor proporción alberga *Encelia canescens* Lam., *Trixis cacalioides* (Kunth) D. Don. y *Vachellia macracantha* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) Seigler et Ebinger. En época húmeda proliferan algunas herbáceas como *N. humifusa*, *T. paronychioides*, *Exodeconus maritimus* (Benth.) D'Arcy, *Solanum arcanum* Peralta, *Fuertesimalva peruviana* (L.) Fryxell, *Eragrostis mexicana* (Hornem.) Link y *Chloris virgata* Sw., entre las más importantes; 3) montaña, en los meses de invierno, las quebradas, laderas y paredes rocosas del cerro Ochiputur otorgan diversos hábitats para la mayor diversidad de especies, entre 450 y 750 m snm. Las primeras especies en emerger, gracias al ingreso de la niebla en junio, son hierbas perennes, de ciclo histerante, con órganos de reserva como: *Ismene*

amancaes (Ruiz et Pav.) Herb., *Begonia geraniifolia* Hook. y *Oxalis megalorrhiza* Jacq. A continuación, entre los meses de julio-agosto empiezan a florecer la mayor parte de las especies: *Apodanthera ferreyrana* Mart. Crov., *Lycianthes lycioides* (L.) Hassl., *Valeriana pinnatifida* Ruiz et Pav., *Peperomia inaequalifolia* Ruiz et Pav., *Philoglossa purpureodisca* H. Rob., *Cremolobus chilensis* (Lag. ex DC.) DC., *Stellaria cuspidata* Willd. ex D.F.K. Schltdl., *Nicandra john-tyleriana* S. Leiva et Pereyra, *N. humifusa*, entre las más relevantes. En las laderas occidentales se pueden observar poblaciones de *Tillandsia latifolia* y *Puya ferruginea* (Ruiz et Pav.) L.B. Sm., entre 500 y 700 m snm, que sirven como refugio para el desarrollo de hierbas perennes y arbustos caducifolios al prevenir la pérdida completa de agua en el suelo, con la llegada del verano. A partir de septiembre-octubre, se inicia la transición hacia la época seca, en esta etapa se puede observar principalmente la floración de *Dicliptera peruviana* (Lam.) Juss., *Puya ferruginea* (Ruiz et Pav.) L.B. Sm., *Browallia truxillana* S. Leiva,

Florián et Tantalean y *Euphorbia viridis* (Klotzsch et Garcke) Boiss. Finalmente, en verano se advierte la floración de *Stenomesson* sp., *V. macracantha*, *Baccharis sparteo* Benth., *Ophryosporus peruvianus* (J.F. Gmel.) R.M. King et H. Rob., *C. crotonoides*, *Scutia spicata* (Humb. et Bonpl. ex Schult.) Weberb. y *T. cacaloides*. La presencia de especies arbóreas de *Tara spinosa* (Molina) Britton et Rose y *Capparidastrum petiolare* (Kunth) Hutch. fueron excepcionales dentro del área, restringida en las partes altas de las quebradas por encima de 500 m snm, no excediendo los 5 individuos en conjunto, mientras que, *V. macracantha* es más común, pero su porte es mayormente arbustivo y solamente arbóreo en la cima de la montaña. En la cumbre, entre 750-1,000 m snm, se pueden observar especies más xerofíticas como *M. peruvianus*, *B. avicennifolia*, *Wedelia calycina* Rich., *Verbesina saubinetioides* S.F. Blake, *H. pacalaensis* y *Lantana scabiosiflora* Kunth, por ser un área menos húmeda debido a la pérdida de la cobertura nubosa provista por la capa de inversión térmica.

Tabla 1

Lista de flora vascular de lomas de cerro Ochiputur. Distribución: NAT (nativa), EN (endémica de Perú), INT (introducida); rf!: registro en campo; *registro solo de herbario.

N.º	Familia	Especies	Registro	Distribución
1	Acanthaceae	<i>Dicliptera peruviana</i> (Lam.) Juss	A. Sagástegui et J. Mostacero 11037 (HUT!)	NAT
2	Aizoaceae	<i>Tetragonia crystallina</i> L'Hér.	Dillon et al. 4688 (F!) [F barcode 1981589]; N. Cuba-Melly et J. Odar 040 (HUT!), N. Angulo 1993 (HUT!)	NAT
3	Amaranthaceae	<i>Alternanthera truxillensis</i> Kunth	N. Cuba-Melly et J. Odar 041 (HUT!), A. Sagástegui et J. Mostacero 11036 (HUT!)	NAT
4	Amaranthaceae	<i>Atriplex rotundifolia</i> Dombey ex Moq.	A. Sagástegui et J. Mostacero 11034 (HUT!) [F barcode 1934192]	EN
5	Amaranthaceae	<i>Chenopodium petiolare</i> Kunth	A. Sagástegui et J. Mostacero 11060 (HUT!) [F barcode 1933652]	NAT
6	Amaryllidaceae	<i>Ismene amancaes</i> (Ruiz et Pav.) Herb.	N. Cuba-Melly et J. Odar 121 (HUT!)	EN
7	Amaryllidaceae	<i>Stenomesson</i> sp.	A. Sagástegui et J. Mostacero 11063 (HUT!) [F barcode 1933650]; N. Cuba-Melly et J. Odar 042 (HUT!)	-
8	Apiaceae	<i>Cyclospermum laciniatum</i> (DC.) Constance	Dillon et al. 4690 (F!) [F barcode 1981587]	NAT
9	Apocynaceae	<i>Peruviasclepias aliciae</i> (Morillo) Morillo	N. Cuba-Melly et J. Odar 122 (HUT!)	EN
10	Apocynaceae	<i>Philibertia solanoides</i> Kunth*	A. Sagástegui, A. López et S. López 9148 (HUT!)	NAT

Tabla 1. Continúa

Núm.	Familia	Especies	Registro	Distribución
11	Asparagaceae	<i>Anthericum viruense</i> Ravenna	(rf!)	EN
12	Asparagaceae	<i>Furcraea occidentalis</i> Trel.	(rf!)	NAT
13	Asteraceae	<i>Acmella alba</i> (L'Hér.) R.K. Jansen	A. Sagástegui, A. López et S. López 9157 (HUT!), A. López 4629 (HUT!)	NAT
14	Asteraceae	<i>Baccharis sparteo</i> Benth.	N. Cuba-Melly et J. Odar 043 (HUT!), N. Angulo 1182 (HUT!)	EN
15	Asteraceae	<i>Chionopappus benthamii</i> S.F. Blake	N. Cuba-Melly et J. Odar 123 (HUT!)	EN
16	Asteraceae	<i>Cotula australis</i> (Sieber ex Spreng.) Hook. f.	(rf!)	INT
17	Asteraceae	<i>Encelia canescens</i> Lam.	Dillon et al. 4684 (F!) [F barcode 1981594]	NAT
18	Asteraceae	<i>Erigeron bonariensis</i> L.	A. Sagástegui et J. Mostacero 11057 (HUT!) [F barcode 1933624], N. Cuba-Melly et J. Odar 124 (HUT!)	NAT
19	Asteraceae	<i>Erigeron leptorhizon</i> DC.	A. López et M. Diestra 9168 (HUT!) [F barcode 1934242], N. Angulo et A. López 1184 (HUT!), N. Angulo 1400 (HUT!)	EN
20	Asteraceae	<i>Gamochaeta subfalcata</i> (Cabrera) Cabrera*	A. Sagástegui et A. López 9161 (HUT!)	NAT
21	Asteraceae	<i>Lomanthus arnaldii</i> (Cabrera) B.Nord. et Pelser*	N. Angulo 1405 (HUT!)	NAT
22	Asteraceae	<i>Onoseris odorata</i> (D. Don) Hook. et Arn.	A. López 9150 (HUT!) [F barcode 1934243], N. Angulo 1402 (HUT!)	EN
23	Asteraceae	<i>Ophryosporus galiooides</i> (DC.) R.M.King et H.Rob.	N. Cuba-Melly et J. Odar 125 (HUT!)	EN
24	Asteraceae	<i>Ophryosporus peruvianus</i> (J.F. Gmel.) R.M. King et H. Rob.	A. Sagástegui et J. Mostacero 11052 (HUT!) [F barcode 1933661]	NAT
25	Asteraceae	<i>Philoglossa purpureoedisca</i> H. Rob.	N. Cuba-Melly et J. Odar 044 (HUT!)	EN
26	Asteraceae	<i>Sigesbeckia flosculosa</i> L'Hér.	A. López 9163 (HUT!) [F barcode 1934246]	NAT
27	Asteraceae	<i>Simsia dombeyana</i> DC.*	N. Angulo et A. López 1181 (HUT!)	NAT
28	Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Dillon et al. 4692 (F!) [F barcode 1981584]	INT
29	Asteraceae	<i>Trixis cacalioides</i> (Kunth) D. Don.	N. Cuba-Melly et J. Odar 045 (HUT!); A. Sagástegui et J. Mostacero 11046 (HUT!) (US barcode 3247976), A. Sagástegui et A. López 9164 (HUT!)	NAT
30	Asteraceae	<i>Verbesina saubinetioides</i> S.F. Blake	A. Sagástegui et J. Mostacero 11049 (HUT!) [F barcode 1933657]	EN
31	Asteraceae	<i>Villanova oppositifolia</i> Lag.	N. Angulo 1995 (HUT!)	NAT
32	Asteraceae	<i>Wedelia calycina</i> Rich.	A. Sagástegui et J. Mostacero 11039 (HUT!) [F barcode 1933596]; N. Cuba-Melly et J. Odar 046 (HUT!)	NAT
33	Begoniaceae	<i>Begonia geraniifolia</i> Hook.	N. Angulo et A. López 830 (HUT!)	EN

Tabla 1. Continúa

Núm.	Familia	Especies	Registro	Distribución
34	Begoniaceae	<i>Begonia tumbezensis</i> Irmsch.	N. Angulo et A. López 829 (HUT!)	NAT
35	Boraginaceae	<i>Euploca ferreyrae</i> (I.M.Johnst.) M.W.Frohl. et M.W.Chase	A. Sagástegui et J. Mostacero 11051 (HUT!)	EN
36	Boraginaceae	<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray	N. Cuba-Melly et J. Odar 126 (HUT!)	NAT
37	Boraginaceae	<i>Heliotropium corymbosum</i> Ruiz et Pav.	N. Cuba-Melly et J. Odar 127 (HUT!)	NAT
38	Boraginaceae	<i>Nama dichotoma</i> (Ruiz et Pav.) Choisy	N. Angulo 1400 (HUT!)	NAT
39	Boraginaceae	<i>Pectocarya lateriflora</i> (Lam.) DC.*	N. Angulo 1996 (HUT!)	NAT
40	Boraginaceae	<i>Tiquilia dichotoma</i> (Ruiz et Pav.) Pers.	A. Sagástegui et J. Mostacero 11066 (HUT!) [F barcode 1933660], N. Cuba-Melly et J. Odar 047 (HUT!), A. Sagástegui et A. López 9139 (HUT!)	EN
41	Boraginaceae	<i>Tiquilia paronychioides</i> (Phil.) A.T. Richardson	A. Sagástegui et J. Mostacero 11065 (HUT!) [F barcode 1933623]	NAT
42	Boraginaceae	<i>Varronia macrocephala</i> Desv. *	N. Angulo et A. López 838 (HUT!)	NAT
43	Brassicaceae	<i>Cremolobus chilensis</i> (Lag. ex DC.) DC.	N. Cuba-Melly et J. Odar 048 (HUT!)	NAT
44	Bromeliaceae	<i>Puya ferruginea</i> (Ruiz et Pav.) L.B. Sm.	N. Angulo 1128 (HUT!)	NAT
45	Bromeliaceae	<i>Tillandsia latifolia</i> Meyen	N. Cuba-Melly et J. Odar 049 (HUT!)	NAT
46	Bromeliaceae	<i>Tillandsia purpurea</i> Ruiz et Pav.	N. Cuba-Melly et J. Odar 050 (HUT!)	NAT
47	Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	N. Cuba-Melly et J. Odar 051 (HUT!)	NAT
48	Cactaceae	<i>Armatocereus cf. matucanensis</i> Backeb. ex A.W. Hill	(rf!)	EN
49	Cactaceae	<i>Haageocereus pacalaensis</i> Backeb.	Dillon et al. 4695 (F!) [F barcode 1981581]	EN
50	Cactaceae	<i>Loxanthocereus trujilloensis</i> F. Ritter	Dillon et al. 4683 (F!) [F barcode 1981593]	EN
51	Cactaceae	<i>Melocactus peruvianus</i> Vaupel	(rf!)	NAT
52	Cactaceae	<i>Neoraimondia arequipensis</i> (Meyen) Backeb	(rf!)	EN
53	Cactaceae	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	(rf!)	INT
54	Cactaceae	<i>Opuntia quitense</i> F.A.C. Weber	(rf!)	NAT
55	Calceolariaceae	<i>Calceolaria pinnata</i> L.	(rf!)	NAT
56	Capparaceae	<i>Beautempsia avicenniifolia</i> (Kunth) Gaudich.	N. Cuba-Melly et J. Odar 052 (HUT!)	NAT
57	Capparaceae	<i>Capparicordis crotonoides</i> (Kunth) Iltis et Cornejo	A. Sagástegui et J. Mostacero 11038 (HUT!) [F barcode 1934191], N. Angulo et A. López 837 (HUT!)	NAT
58	Capparaceae	<i>Capparidastrum petiolare</i> (Kunth) Hutch.	(rf!)	NAT
59	Caprifoliaceae	<i>Valeriana chaerophylloides</i> Sm. *	N. Angulo 1398 (HUT!)	NAT

Tabla 1. Continúa

Núm.	Familia	Especies	Registro	Distribución
60	Caprifoliaceae	<i>Valeriana pinnatifida</i> Ruiz et Pav.	N. Angulo et A. Lopez 833 (HUT!)	EN
61	Caricaceae	<i>Vasconcellea candicans</i> (A. Gray) A. DC.	(rf!)	NAT
62	Caryophyllaceae	<i>Drymaria paposana</i> Phil.	A. López 367 (USM!)	NAT
63	Caryophyllaceae	<i>Stellaria cuspidata</i> Willd. ex D.F.K. Schltdl.	N. Angulo 1988 (HUT!)	NAT
64	Convolvulaceae	<i>Cuscuta cf. odorata</i> Ruiz et Pav.	N. Cuba-Melly et J. Odar 053 (HUT!)	NAT
65	Convolvulaceae	<i>Ipomoea dubia</i> Roem. et Schult.	A. Sagástegui et A. López 9166 (HUT!)	NAT
66	Convolvulaceae	<i>Ipomoea dumetorum</i> Willd. *	N. Angulo 1084 (HUT!)	NAT
67	Commelinaceae	<i>Commelina fasciculata</i> Ruiz et Pav.	N. Angulo 1814 (HUT!)	NAT
68	Crassulaceae	<i>Crassula connata</i> (Ruiz et Pav.) A. Berger	(rf!)	NAT
69	Cucurbitaceae	<i>Apodanthera ferreyrana</i> Mart. Crov.	N. Angulo 1396 (HUT!); N. Cuba-Melly et J. Odar 054 (HUT!)	EN
70	Cucurbitaceae	<i>Cyclanthera mathewsii</i> Arn. ex A. Gray*	N. Angulo 1394 (HUT!)	NAT
71	Cucurbitaceae	<i>Sicyos baderoa</i> Hook. et Arn.	N. Angulo 831 (HUT!)	NAT
72	Ephedraceae	<i>Ephedra americana</i> Humb. et Bonpl. ex Willd.	N. Cuba-Melly et J. Odar 055 (HUT!), N. Angulo et A. López 827 (HUT!)	NAT
73	Euphorbiaceae	<i>Croton alnifolius</i> Lam.	A. Sagástegui et J. Mostacero 11040 (HUT!) [F barcode 2100149]	NAT
74	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i> sp.	N. Cuba-Melly et J. Odar 128 (HUT!), N. Angulo 1188 (HUT!)	-
75	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia viridis</i> (Klotzsch et Garcke) Boiss.	A. Sagástegui et J. Mostacero 11056 (HUT!) [F barcode 2233307], N. Cuba-Melly et J. Odar 056 (HUT!)	NAT
76	Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	(rf!)	INT
77	Fabaceae	<i>Dalea onobrychis</i> DC.*	N. Angulo 1298 (HUT!)	EN
78	Fabaceae	<i>Hoffmannseggia prostrata</i> Lagerh. ex DC.	A. Sagástegui, A. López et S. López 9154 (HUT!)	NAT
79	Fabaceae	<i>Mimosa albida</i> Humb. et Bonpl. ex Willd. *	A. Sagástegui et J. Mostacero 11053 (HUT!) [F barcode 1979234]	NAT
80	Fabaceae	<i>Tara spinosa</i> (Molina) Britton et Rose	(rf!)	NAT
81	Fabaceae	<i>Tephrosia cinerea</i> (L.) Pers. *	A. Sagástegui et J. Mostacero 11061 (HUT!) [F barcode 2026934]	NAT
82	Fabaceae	<i>Vachellia macracantha</i> (Humb. et Bonpl. ex Willd.) Seigler et Ebinger	N. Cuba-Melly et J. Odar 057 (HUT!)	NAT
83	Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér. ex Aiton	N. Angulo 1994 (HUT!)	INT
84	Geraniaceae	<i>Geranium limae</i> R. Knuth	N. Angulo 1998 (HUT!)	EN
85	Lamiaceae	<i>Salvia oppositiflora</i> Ruiz et Pav. *	A. Sagástegui et J. Mostacero 11059 (HUT!) [F barcode 1933595]	EN

Tabla 1. Continúa

Núm.	Familia	Especies	Registro	Distribución
86	Loasaceae	<i>Menzelia scabra</i> Kunth	A. Sagástegui et J. Mostacero 11041 (HUT!)	NAT
87	Malvaceae	<i>Cristaria multifida</i> (Dombey ex Cav.) Cav.	Dillon et al. 4677 (F!) [F barcode 1981599]; N. Cuba-Melly et J. Odar 058 (HUT!)	EN
88	Malvaceae	<i>Fuertesimalva chilensis</i> (A. Braun et C.D. Bouché) Fryxell	(rf!)	NAT
89	Malvaceae	<i>Fuertesimalva limensis</i> (L.) Fryxell	N. Cuba-Melly et J. Odar 129 (HUT!)	NAT
90	Malvaceae	<i>Fuertesimalva peruviana</i> (L.) Fryxell	Dillon et al. 4691 (F!) [F barcode 1981586]	NAT
91	Malvaceae	<i>Gaya weberbaueri</i> Ulbr.	N. Angulo et A. López 1412 (HUT!), A. Sagástegui, A. López et S. López 9149 (HUT!)	EN
92	Malvaceae	<i>Palaua malvifolia</i> Cav.	Dillon et al. 4689 (F!) [F barcode 1981588]	EN
93	Malvaceae	<i>Palaua rhombifolia</i> Graham	N. Angulo et A. López 1190 (HUT!); N. Cuba-Melly et J. Odar 059 (HUT!)	EN
94	Malvaceae	<i>Sida jatrophoides</i> L'Hér.	N. Angulo et A. López 1408 (HUT!)	NAT
95	Malvaceae	<i>Urocarpidium albiflorum</i> Ulbr.	N. Cuba-Melly et J. Odar 060 (HUT!)	NAT
96	Montiaceae	<i>Calandrinia alba</i> (Ruiz et Pav.) DC.	Dillon et al. 4687 (F!) [F barcode 1981590]	EN
97	Montiaceae	<i>Cistanthe lingulata</i> (Ruiz et Pav.) Hershk.	Dillon et al. 4686 (F!) [F barcode 1981591]	EN
98	Montiaceae	<i>Cistanthe paniculata</i> (Ruiz et Pav.) Carolin ex Hershk.	Dillon et al. 4693 (F!) [F barcode 1981583]	EN
99	Onagraceae	<i>Oenothera arequipensis</i> Munz et I.M. Johnst.	Dillon et al. 4680 (F!) [F barcode 1981597]; N. Cuba-Melly et J. Odar 061 (HUT!), A. Sagástegui 4626 (HUT!)	NAT
100	Oxalidaceae	<i>Oxalis latifolia</i> Kunth	N. Angulo et A. López 836 (HUT!); N. Cuba-Melly et J. Odar 130 (HUT!)	NAT
101	Oxalidaceae	<i>Oxalis lomana</i> Diels	(rf!)	EN
102	Oxalidaceae	<i>Oxalis megalorrhiza</i> Jacq.	Dillon et al. 4682 (F!) [F barcode 1981585]	NAT
103	Piperaceae	<i>Peperomia inaequalifolia</i> Ruiz et Pav.	N. Angulo 1297 (HUT!); N. Angulo 1395 (HUT!), N. Cuba-Melly et J. Odar 062 (HUT!)	NAT
104	Piperaceae	<i>Peperomia umbilicata</i> Ruiz et Pav. *	N. Angulo 1311 (HUT!)	EN
105	Plantaginaceae	<i>Plantago limensis</i> Pers.	N. Cuba-Melly et J. Odar 063 (HUT!)	EN
106	Poaceae	<i>Aristida adcensionis</i> L.*	A. Sagástegui, A. López et S. López 9159 (HUT!)	NAT
107	Poaceae	<i>Chloris virgata</i> Sw.	A. Sagástegui, A. López et S. López 9153 (HUT!)	NAT
108	Poaceae	<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link	N. Angulo et A. López 1183 (HUT!)	NAT

Tabla 1. Continúa

Núm.	Familia	Especies	Registro	Distribución
109	Poaceae	<i>Paspalum racemosum</i> Lam.	(rf!)	NAT
110	Poaceae	<i>Rostraria trachyantha</i> (Phil.) Soreng	N. Cuba-Melly et J. Odar 064 (HUT!)	NAT
111	Polygalaceae	<i>Monnieria herbacea</i> DC.*	N. Angulo 1414 (HUT!), N. Angulo et A. López 1177 (HUT!)	NAT
112	Polygalaceae	<i>Monnieria pterocarpa</i> Ruiz et Pav.	N. Cuba-Melly et J. Odar 131 (HUT!); A. Sagástegui et A. López 9156 (HUT!)	NAT
113	Polypodiaceae	<i>Pleopeltis pycnocarpa</i> (C. Chr.) A. R. Sm.	N. Cuba-Melly et J. Odar 065 (HUT!); A. López 834 (HUT!), A. López 138 (BM barcode 013859443)	NAT
114	Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	(rf!)	INT
115	Rhamnaceae	<i>Scutia spicata</i> (Humb. et Bonpl. ex Willd.) Weberb.	N. Cuba-Melly et J. Odar 066 (HUT!)	NAT
116	Solanaceae	<i>Browallia americana</i> L.	N. Angulo 1185 (HUT!), N. Angulo 1279 (HUT!), A. Sagástegui et J. Mostacero 11054 (HUT!) (F barcode 2110863)	NAT
117	Solanaceae	<i>Browallia truxillana</i> S. Leiva, Florián et Tantalean	N. Cuba-Melly et J. Odar 067 (HUT!)	EN
118	Solanaceae	<i>Exodeconus maritimus</i> (Benth.) D'Arcy	(rf!)	NAT
119	Solanaceae	<i>Exodeconus prostratus</i> (L'Hér.) Raf. *	N. Angulo et A. López 1406 (HUT!)	EN
120	Solanaceae	<i>Leptoglossis schwenckiioides</i> Benth.*	N. Angulo et A. López 1410 (HUT!); A. Sagástegui, A. López et S. López 9160 (HUT!)	EN
121	Solanaceae	<i>Lycianthes lycioides</i> (L.) Hassl.	N. Angulo 1397 (HUT!)	NAT
122	Solanaceae	<i>Lycium boerhaeuiifolium</i> L. f.	N. Angulo 2290 (HUT!)	NAT
123	Solanaceae	<i>Nicandra john-tyleriana</i> S. Leiva et Pereyra	N. Cuba-Melly et J. Odar 134 (HUT!), N. Angulo et A. López 1407 (HUT!), N. Angulo 1404 (HUT!)	EN
124	Solanaceae	<i>Nicotiana paniculata</i> L.	A. Sagástegui et J. Mostacero 11055 (HUT!) [F barcode 1933651]	EN
125	Solanaceae	<i>Nolana gayana</i> (Gaudich.) Koch	A. Sagástegui et J. Mostacero 11031 (HUT!) [F barcode 1933658]; N. Cuba-Melly et J. Odar 068 (HUT!)	EN
126	Solanaceae	<i>Nolana humifusa</i> (Gouan) I.M. Johnst.	Dillon et al. 4694 (F!) [F barcode 1981582]; A. López 4639 (HUT!)	EN
127	Solanaceae	<i>Solanum arcanum</i> Peralta	A. Sagástegui et J. Mostacero 11035 (HUT!) [F barcode 1933620], N. Cuba-Melly et J. Odar 134 (HUT!)	EN
128	Solanaceae	<i>Solanum mochiquense</i> Ochoa	N. Angulo et A. López 835 (HUT!); N. Angulo 1178 (HUT!); N. Cuba-Melly et J. Odar 069 (HUT!), A. López 4628 (HUT!)	EN

Tabla 1. Continúa

Núm.	Familia	Especies	Registro	Distribución
129	Solanaceae	<i>Solanum montanum</i> L.	Dillon et al. 4685 (F!) [F barcode 1981592 (F!)]	NAT
130	Solanaceae	<i>Solanum multifidum</i> Lam. *	N. Angulo 1296 (HUT!)	NAT
131	Solanaceae	<i>Solanum pennellii</i> Correll	N. Cuba-Melly et J. Odar 133 (HUT!)	NAT
132	Tropaeolaceae	<i>Tropaeolum minus</i> L.	N. Angulo 1411 (HUT!)	NAT
133	Urticaceae	<i>Parietaria debilis</i> G. Forst.	N. Cuba-Melly et J. Odar 135 (HUT!)	INT
134	Verbenaceae	<i>Lantana scabiosiflora</i> Kunth	A. Sagástegui et J. Mostacero 11048 (HUT!), A. Sagástegui et A. López 9162 (HUT!)	NAT

La especie *Stenomesson flavum* (Ruiz et Pav.) Herb. es característica del ecosistema de lomas y su floración en verano es usada como indicador del inicio de la temporada seca (Cuba-Melly y Meerow, 2021), ha sido reportada en diversas ocasiones para lomas de la región Lima (Lleellish et al., 2015; Madrid-Ibarra y Cabanillas-Rodríguez, 2020; Trinidad et al., 2012) y en menor cantidad para la región La Libertad (Leiva et al., 2014). No obstante, una minuciosa evaluación de muestras obtenidas en lomas de cerro Ochiputur y de otras lomas de la región La Libertad [N. Angulo 2052 (HUT!); A. Sagástegui, J. Mostacero et M. Diestra 11011 (HUT!); A. Sagástegui et J. Mostacero 11063 (HUT!) (F! barcode 1933650); M. Dillon, U. Molau et P. Matekaitis 2706 (F! barcode 1912889)] revela que se trata de una especie diferente. *Stenomesson flavum* presenta un escapo floral de entre 10 y 30 cm de largo, perigonio cilíndrico-tubular de color anaranjado amarillento, el paraperigonio o copa estaminal se encuentra libre (8 mm de largo), culminando en 6 dientes irregulares o bifidos (4 mm de largo) que se intercalan entre los estambres, mientras que *Stenomesson* sp. (fig. 3C), presenta un escapo de entre 10 y 70 cm de largo, un perigonio cilíndrico-campanulado de color anaranjado rojizo, una copa estaminal membranosa que se encuentra fusionada al perigonio, a excepción del ápice, culminando en 6 dientes truncos de borde irregular (1 mm de largo) que se intercalan entre los estambres. Las características mencionadas pertenecen a la sección *Adnata*, que incluyen a especies como *Stenomesson gasteroides* Ravenna, *S. cuzcoense* (Vargas) Ravenna y *S. weberbaueri* (Vargas) Ravenna (Ravenna, 1988), lamentablemente las especies tipo del herbario personal de Pierfelice Ravenna están presuntamente destruidas (IPNI, 2023). Un aumento en el análisis de las poblaciones en estado silvestre y la tipificación de las especies de la sección *Adnata* permitirá determinar con mayor certeza a *Stenomesson* sp. Por la

evidencia expuesta, se descarta la presencia de *S. flavum* para lomas de La Libertad y su distribución geográfica se mantiene para la región de Áncash y Lima (Leiva et al., 2008; Lleellish et al., 2015).

La especie *Heliotropium corymbosum* Ruiz et Pav. (fig. 4E) fue posicionada como sinónimo de *H. arborescens* L. por Johnston (1928), aún vigente en herbarios locales y bases de datos como Tropicos, POWO y WFO Plant List. No obstante, el epíteto *H. corymbosum* fue restablecido con base en la elección del epítipo de *H. arborescens*, originario de los Andes ecuatorianos, caracterizado por tener un estilo más corto o igual a la cabeza estigmática, un cáliz de lóbulos agudos, hojas más pequeñas con superficie rugosa y venación profundamente impresa, mientras que *H. corymbosum*, endémica del Perú, presenta un estilo del doble de largo que la cabeza estigmática y sépalos acuminados (Luebert et al., 2010). Más adelante, se incluyó el epíteto *H. lanceolatum* Ruiz et Pav. como sinónimo de *H. corymbosum* (Luebert y Hilger, 2014). Cabe destacar que aún falta una revisión más detallada de especies de los géneros *Heliotropium* y *Euploca* en ecosistemas áridos del Perú (com. pers. Federico Luebert).

Commelina fasciculata y *Commelina hispida* fueron descritas por Ruiz y Pavón (1798) de 2 localidades pertenecientes a formaciones de lomas de las regiones de Lima y Arequipa, respectivamente. Ambas especies fueron tipificadas y reducidas a sinonimia de *Commelina tuberosa* L. por Hassemer (2018a, 2018b, 2019). *Commelina tuberosa* es una hierba perenne de hábito erecto a decumbente; hojas lanceoladas pubescentes a glabras; inflorescencia en cimas, flores con 3 sépalos hialinos y 3 pétalos deltados a semicirculares, subiguales, unguiculados en la base; estambres fértiles 3: los 2 laterales más largos con anteras oblongas, azules y el central, más corto con una antera sagitada, azul, ascendentes



Figura 3. Flora vascular de lomas de cerro Ochiputur parte I. A, *Atriplex rotundifolia*; B, *Ismene amancaes*; C, *Stenomesson* sp.; D, *Peruviasclepias aliciae*; E, *Baccharis sparte* (♀); F, *Baccharis sparte* (♂).

proximalmente; presenta estaminodios amarillos, cruciformes y un estilo filiforme de estigma capitado, curvado hacia arriba en la parte apical; su distribución va desde EUA hasta Argentina (Espejo-Serna et al., 2009;

Hurrell et al., 2023). No obstante, después de analizar material turgente y herborizado de especímenes del área de estudio y otras formaciones de lomas del centro y sur del país, se debe resaltar que se diferencian de *C. tuberosa*



Figura 4. Flora vascular de lomas de cerro Ochiputur parte II. A, *Chionopappus benthamii*; B, *Ophryosporus peruvianus*; C, *Philoglossa purpureodisca*; D, *Euploca ferreyrae*; E, *Heliotropium corymbosum*; F, *Tiquillia dichotoma*.

por ser herbáceas decumbentes; con pétalos ovados de ápice obtuso; 3 estambres fértiles de subiguales, con anteras blancas y oblongas; estaminodios de 2 a 3, ovados, orbiculares o irregulares y un estilo filiforme de estigma

trífido. Además, cabe destacar que esta sinonimia se basó en una circunscripción amplia de *C. tuberosa* propuesta por Hassemer (2018a), Hunt (1994) y Hunt y Arroyo-Leuenberger (2017), que exhibe un análisis morfológico



Figura 5. Flora vascular de lomas de cerro Ochiputur parte III. A, *Tiquilia paronychioides*; B, *Tillandsia purpurea*; C, *Haageocereus pacalaensis*; D, *Loxanthocereus trujilloensis*; E, *Opuntia quitensis*; F, *Valeriana pinnatifida*.

del tamaño, forma e indumento de tallos, hojas y brácteas, sin incluir las características de flores y frutos, es por ello que Hassemer (2019) resalta la necesidad de un estudio morfológico comparativo de aspectos florales, semillas

y cariología del grupo *C. tuberosa* en el continente americano. Por otro lado, el análisis morfológico a los especímenes de formaciones de lomas muestra que *C. hispida* y *C. fasciculata* se tratarían de la misma especie al

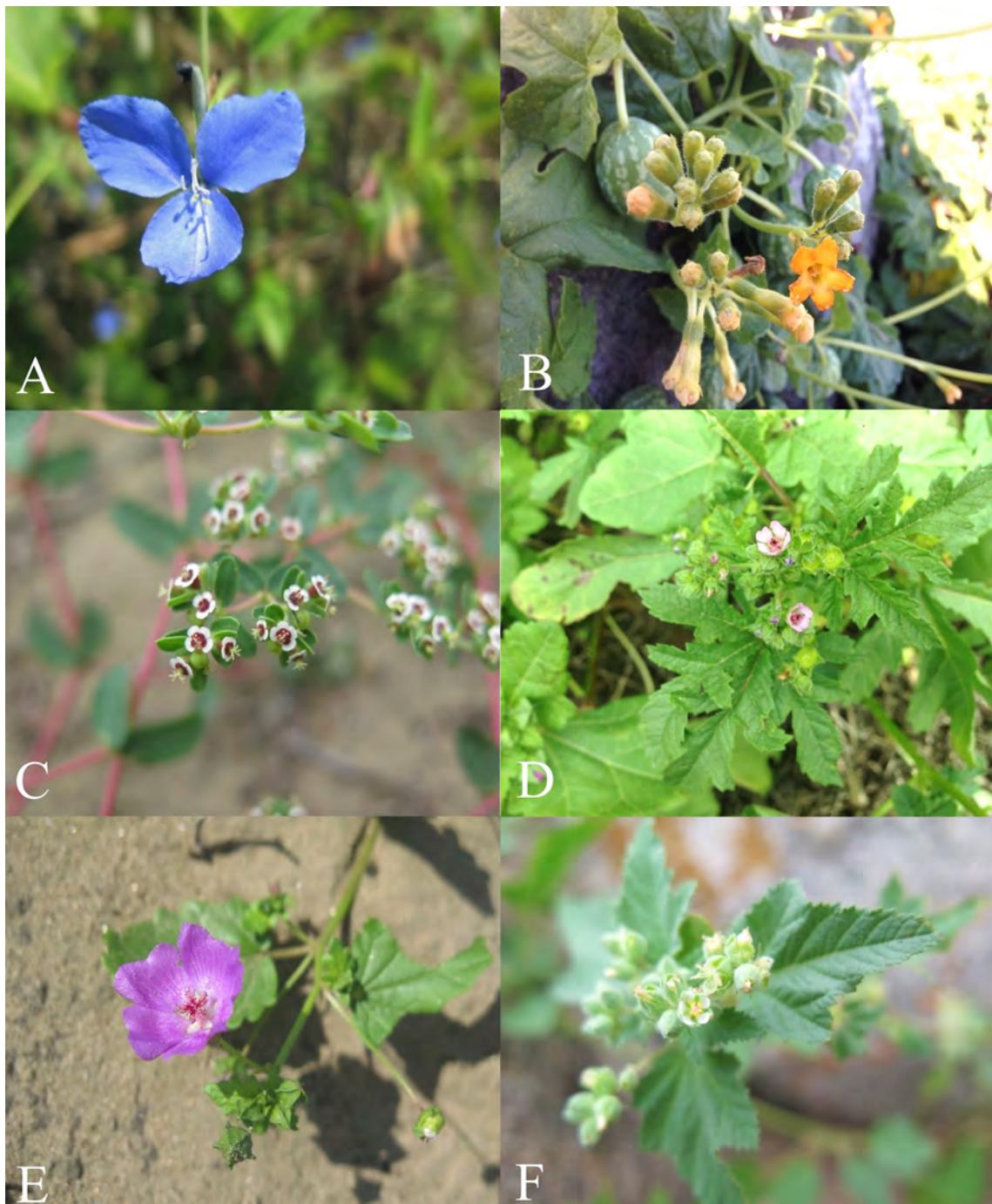


Figura 6. Flora vascular de lomas de cerro Ochiputur parte IV. A, *Commelina fasciculata*; B, *Apodanthera ferreyrana*; C, *Euphorbia* sp.; D, *Fuertesimalva chilensis*; E, *Palaua rhombifolia*; F, *Urocarpidium albiflorum*.

presentar las mismas características en la parte vegetativa y estructura floral, diferenciado solamente por indumentos híspidos en la primera, la cual es una variabilidad común que se puede observar entre individuos de una misma

población o de diferentes localidades. Por lo tanto, se propone una sinonimia entre ambas especies. Por haber sido descritas simultáneamente y según el Art. 11.5, y la nota 3 del Art. 11 del código Shenzhen (Turland et al.,



Figura 7. Flora vascular de lomas de cerro Ochiputur parte V. A, *Oxalis megalorrhiza*; B, *Peperomia inaequalifolia*; C, *Paspalum racemosum*; D, *Monnieria pterocarpa*; E, *Lycium boerhaviifolium*; F, *Solanum pennellii*.

2018), se propone priorizar a *C. fasciculata*. Con base en un mayor uso académico, según la búsqueda de literatura científica indexada en Google Scholar, para ambos epítetos (23 de mayo de 2024), se muestran 134 resultados para *C. fasciculata* y 16 resultados para *C. hispida*, asimismo, porque la pubescencia en los indumentos, que van desde glabros hasta híspidos, es variable. Por las razones

expuestas, se propone el restablecimiento de la especie *Commelina fasciculata* Ruiz y Pav. (fig. 6A).

Commelina fasciculata Ruiz et Pav., Fl. Peruv. 1: 44. 1798 - lectotipo (designado por Hassemer, 2018a): Perú. S.d., anónimo s.n. MA-810456! = *Commelina hispida* Ruiz et Pav., Fl. Peruv. 1: 43. 1798, syn. nov. - lectotipo (designado por Hassemer, 2018b): Perú. Arequipa: Camaná:



Figura 8. Flora vascular de lomas de cerro Ochiputur parte VI. A, *Nicandra john-tyleriana*; B, *Exodeconus maritimus*; C, D, arenales; E, F, piedemonte/depósitos aluviales.

s.d., H. Ruiz L. et J.A. Pavón J. MA- 810458! ≠ *Commelina tuberosa* L., Sp. Pl. 1: 41. 1753 - lectotipo (designado por Hunt, 1994) Mexico, s.d., anonymous s.n. LINN-65.8!

Identificación de impulsores de cambio y estado de conservación actual. Se registraron 7 impulsores de cambio (IC) en lomas de cerro Ochiputur: cambio de

uso de suelo por agricultura industrializada, crecimiento demográfico y urbanización, perturbación por vehículos motorizados, contaminación por residuos sólidos, introducción de especies exóticas, turismo no planificado y debilidad en la gobernanza ambiental. El 100% de IC fueron reportados en los arenales. En dirección noroeste y



Figura 9. Flora vascular de lomas de cerro Ochiputur parte VII. A, B, Montaña; C, uso de vehículos motorizados; D, acumulación de residuos sólidos; E, introducción de especies exóticas; F, agricultura en el desierto.

sur de la montaña encontramos la presencia de agricultura industrializada irrigada por el canal del Proyecto Especial Chavimochic (PECH) II Etapa, donde se cultiva principalmente espárrago (*Asparagus officinalis* L.)

protegido por cercos vivos de aroma africano (*Vachellia karroo* (Hayne) Banfi et Galasso). A partir del 2014 y con la ampliación de la frontera agrícola, se desplazó la presencia de comunidades de *H. pacalaensis*, *T. latifolia* y

T. purpurea que se encontraban en las zonas bajas del arenal cercanas a la carretera (fig. 9F). En dirección suroeste se ha establecido un complejo urbano: Urbanización Sol de Trujillo, que continúa en expansión. Entre la planicie arenosa y las dunas se distinguen huellas de vehículos motorizados a causa del uso de cuatrimotos como medio recreativo sin ninguna restricción (fig. 9C). Los residuos sólidos son comunes cercanos a la carretera donde bolsas plásticas se encuentran atrapadas entre las espinas de los cactus (fig. 9D). De igual forma, se observan residuos en la montaña producto del turismo no planificado. Asimismo, se pudo registrar la introducción de la especie *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. entre los médanos y el piedemonte, sembradas de la partición de cladodios entre cantes rodados y con presencia de botellas plásticas vacías a su alrededor (fig. 9E); en los arenales, los individuos mostraban indicios de estrés hídrico, sin embargo, en el piedemonte se observaron individuos mejor establecidos, lo cual podría ser perjudicial para las poblaciones de la especie nativa *Opuntia quitensis* F.A.C.Weber.

Lomas del cerro Ochiputur cuenta con un reconocimiento como Ecosistema Frágil, cuyos estatutos se rigen por el Decreto Supremo Núm. 007-2020-MINAGRI, no obstante, aún no se ha realizado la ficha técnica de actualización del área, debido a ello, todavía no tiene saneamiento físico-legal, ni está registrada dentro de la Superintendencia de Bienes Estatales hasta la fecha de elaboración del presente estudio. De igual manera, esta categoría de conservación no considera el establecimiento de una zona de amortiguamiento, ni una zonificación temática para el área. Los gobiernos regional y local no cuentan con información biológica ni ordenanzas que ayuden a perpetuar la conservación de este ecosistema. Lomas del cerro Ochiputur se encuentra mencionada brevemente en la Estrategia Regional de Diversidad Biológica de 1999 y 2019-2022, pero no cuenta con planes de manejo, señalización o un sistema de monitoreo y vigilancia. Es debido a ello, que se califica a la gobernanza ambiental para la conservación del área de estudio como débil.

Discusión

La flora vascular de lomas del cerro Ochiputur presenta una alta diversidad que hasta el momento se encontraba subvalorada. Corcuer (2017) y SERFOR (2018b) reportaron 34 y 12 spp., respectivamente, mientras que, el presente estudio obtiene un total de 134 spp. La diferencia se debe a un mayor esfuerzo de muestreo y a los registros encontrados en herbarios locales y virtuales. Estos hallazgos resaltan el importante rol que juegan los herbarios en la conservación de la diversidad biológica

(Delves et al., 2023), así como para analizar su presencia, ya sea como novedades, introducción de especies exóticas, extinciones locales, o para evaluar la afectación de su desarrollo fenológico por variabilidad climática (Nualart et al., 2017; Williams et al., 2021). Se reporta una nueva localidad de registro para la especie *Peruviasclepia aliciae* (Morillo) Morillo (fig. 3D), un arbusto trepador endémico del Perú, cuya distribución es común en zonas áridas de las regiones de Áncash, Cajamarca, La Libertad y Piura (Morillo, 2015), aún se desconoce su importancia ecológica en estos ecosistemas. De igual manera, se reporta por primera vez para el Perú, la especie *Gamochaeta subfalcata* (Cabrera) Cabrera. [A. Sagástegui et A. López 9161 (HUT!)]. Colectada únicamente en febrero de 1983, un año ENSO positivo. El rango de distribución de esta especie va desde el sur de EUA hasta Sudamérica, con reportes últimamente en Chile y Ecuador, abarcando una gran cantidad de ecosistemas desde 150 hasta 4,100 m snm (Freire et al., 2016, 2022), por lo que su presencia en Perú, no sería inusual.

Lomas del cerro Ochiputur exhibe mayor diversidad de flora vascular que lomas de Ancón (36 spp.), Lomas de Carabayllo (102 spp.), lomas de Villa María del Triunfo (112 spp.) y lomas de Amancaes (51 spp.) (Cano et al., 2001; Trinidad et al., 2012), que actualmente constituyen el Área de Conservación Regional Sistema de Lomas de Lima. Solamente se encuentra detrás de lomas de Arequipa (230 spp.) y lomas de Yuta (183 spp.) en la región Arequipa (Moat et al., 2021; Quipuscoa et al., 2016), lomas del cerro Campana (151 spp.) en la región de La Libertad (modificado de Leiva et al., 2014) y la Reserva Nacional de Lachay (266 spp.), lomas de Iguanil (166 spp.), y lomas de Asia (152 spp.) en la región de Lima (Arana, 2019), ocupando el séptimo lugar de composición de flora vascular en ecosistema de lomas a nivel nacional, según los estudios realizados hasta la fecha.

Cerca de 70% de la flora de lomas del cerro Ochiputur se comparte con la vertiente occidental de los Andes de la región La Libertad, a consecuencia de la presencia de especies en común como: *A. ferreyrana*, *Tropaeolum minus* L., *Sida jatrophoides* L'Hér., *Monnieria pterocarpa* Ruiz et Pav., *Leptoglossis schwenkiioides* Benth., *N. arequipensis*, *Onoseris odorata* (D. Don) Hook. et Arn., *Chionopappus benthamii* S.F. Blake, entre otras (Beltrán et al., 2017; Leiva et al., 2019). Las lomas del cerro Ochiputur se encuentran conectadas al matorral andino a través de la cuenca del río Carabamba, que se encuentra en su sotavento (MINAM, 2019), lo que podría evidenciar un corredor biológico entre el desierto y ecosistemas altoandinos de la región, cuyas poblaciones se conectan en eventos ENSO positivos como se observó en el año 2017, en

concordancia con lo encontrado por Arana (2019), Galán de Mera et al. (1997), Müller (1985), Rundel et al. (1991), Mostacero et al. (2007) en otras formaciones de lomas. Si bien el uso del análisis NDVI para exponer la cobertura vegetal en eventos ENSO positivos no es útil para la delimitación del ecosistema, por su impredecibilidad y periodicidad variable, resulta apropiado para destacar una vinculación entre el desierto y las vertientes occidentales de la cordillera de los Andes a través de su flora. A pesar de que existen numerosas expediciones botánicas en algunas localidades remotas del matorral andino de la región La Libertad, las publicaciones de estos resultados son aún exigüas y por ende nuestra comprensión sobre la conectividad entre estas áreas geográficas es incipiente.

Las formaciones de lomas han sido largamente consideradas como islas de vegetación (Dillon et al., 2003; Lleellish et al., 2015), brindándoles un aire de misticismo y singularidad dentro de la franja hiperárida del desierto sudamericano. La razón de este sobrenombramiento se debe a una articulación vertical que se encuentra interrumpida solamente por valles interandinos y humedales, formados por ríos de la cuenca hidrográfica del Pacífico, lo que les brinda a estos espacios una fragmentación, variabilidad florística y endemismos propios de cada localidad (Dillon et al., 2011; Ferreyra, 1983; Weberbauer, 1945). Aun cuando este es el caso para algunas formaciones de lomas, como en Chile donde el desierto de Atacama forma una barrera ecogeográfica y el aislamiento ha generado un mayor grado de endemismo, en el sur de Perú las lomas y la precordillera exhiben un mayor nivel de conectividad (Ruhm et al., 2022), lo que se podría acentuar en el centro y norte debido a la aproximación entre la cordillera y el desierto. En consecuencia, lomas del cerro Ochiputur forma parte del grupo de lomas que tiene gran influencia andina, sin dejar de destacar que comparte especies de bosques secos de llanura como: *C. crotonoides*, *B. avicennifolia*, *V. macracantha* (La Torre-Cuadros y Linares-Palomino, 2008) y posee endemismos propios del desierto. En la actualidad, existen propuestas de clasificación para formaciones de lomas de acuerdo a su ubicación geográfica, altitud y composición florística; no obstante, no se ha logrado un consenso debido a la ausencia de información de línea base de un gran porcentaje de localidades (Arana, 2019; Whaley et al., 2019).

El ecosistema de lomas del cerro Ochiputur se encuentra conformado por 3 unidades del paisaje: arenales, piedemonte y montaña, que se encuentran vinculadas de manera indivisible y son influenciados de manera simultánea, mas no equitativa, por la humedad proveniente de la niebla oceánica en el invierno austral y episodios extraordinarios de lluvias provistos por la oscilación del

sur El Niño (ENSO). Estas unidades del paisaje, comunes en biomas desérticos se distinguen entre sí por sus factores bióticos y abióticos, por lo que resulta necesario mantener un orden de escala temporal y espacial separado de la restricción de organización ecológica para que nos ayude a comprender mejor su funcionalidad y optimizar su gestión dentro del territorio (Whitford y Duval, 2020). La noción de la incorporación de arenales y piedemonte dentro del ecosistema de lomas se ha perdido en algunas localidades debido a que muchas de ellas han sufrido la disminución de estos espacios frente a la expansión de áreas urbanas, agricultura y otras actividades antrópicas (Cuba-Melly y Odar, 2018; Santa Cruz et al., 2020). Este concepto reducido sobre la conformación de lomas se ve reflejado en la falta de inclusión de los depósitos eólicos dentro del área reconocida como ecosistema frágil por el estado peruano. Siendo la costa, la región natural que aloja a 58% de la población del país, la pérdida de estos espacios podría continuar en aumento (Nieuwland y Mamani, 2017).

Los arenales son la unidad de paisaje con el mayor grado de endemismo y el más susceptible ante los impulsores de cambios identificados en el presente estudio. El agua es el principal agente limitante para el desarrollo de vida en el desierto debido a la cantidad y frecuencia de entrada al ecosistema, es por ello que las tasas de recuperación del suelo en estos biomas son procesos lentos, especialmente en suelos perturbados por actividades humanas que incrementan las probabilidades de desertificación (Belnap, 2003; Lovich y Bainbridge, 1999). Asimismo, los vehículos motorizados producen cambios en la textura y propiedades físicocíquicas del suelo ocasionando una reducción en la densidad, crecimiento y cobertura de la vegetación en los depósitos eólicos (Assaad et al., 2019; Wuerthner, 2020). En consecuencia, es necesario proteger los arenales y aplicar restricciones a la práctica de actividades recreativas y socio-económicas en estos ambientes.

El modelo pulso-reserva es utilizado para explicar cómo las precipitaciones extraordinarias de comportamiento impredecible pueden desencadenar un crecimiento exponencial de la vegetación en ambientes áridos, en el que una porción perece o es consumida, otras se conservan a través de semillas y algunas almacenan energía en raíces o tallos (Noy Meir, 1973; Whitford y Duval, 2020). El presente estudio da cuenta de este paradigma a través del análisis NDVI en imágenes Landsat 8 OLI/TIRS, donde se observa la ausencia de cobertura vegetal en el sistema de dunas entre el 2014 y 2016, mientras que, en abril de 2017 posterior a las precipitaciones por el evento ENSO positivo, se observa

un aumento de la cobertura vegetal en los arenales, que se mantuvo en años consecutivos en la época húmeda, pero con menor extensión. Además, se evidencia que en algunos años se pierde la temporalidad por falta de humedad, igualmente, los patrones de distribución de la cobertura vegetal no son homogéneos, ni tienen la misma extensión, ello puede deberse a la variabilidad en las precipitaciones en el marco actual del cambio climático que representan una amenaza para estos ecosistemas (Sotomayor y Jiménez, 2008). La ocurrencia de este fenómeno excede los objetivos del presente proyecto, no obstante, a partir de estos resultados, será necesario incluir otras variables como: características físico-químicas del suelo, la posición de la capa de inversión térmica y la cantidad, y conectividad de las precipitaciones que son clave para entender la respuesta biológica ante aportes de agua al sistema desértico (Caramanica et al., 2018; Nano y Pavey, 2013; Reynolds et al., 2004).

La vegetación en los arenales no se puede observar en su totalidad con el análisis NDVI, inclusive reduciendo el valor del umbral a 0.10, lo que además disminuye la calidad del contraste entre las unidades del paisaje; estos resultados son compatibles con lo encontrado por Chávez et al. (2019) y Moat et al. (2021), por lo que se hace la recomendación de evaluar los arenales por separado. El trabajo de Moat et al. (2021) ejecutó un mapeo de ecosistemas de lomas y tillandsiales en Perú y Chile, usando imágenes satelitales MODIS y análisis NDVI, el cual tuvo resultados similares para la delimitación del ecosistema en la montaña. Sin embargo, solo se registró una pequeña fracción de la vegetación en arenales, la cual fue caracterizada como: “oasis de neblina efímeros que comprenden costras biológicas, prados de líquenes y hierbas que aparecen cada 5-30 años con una duración menor a una semana”, lo cual no es compatible con lo encontrado en el presente estudio. El desarrollo de herbáceas y subarbustos en época húmeda, puede ser anual o interanual, con una cobertura variable, altamente dependiente de las condiciones meteorológicas, tiene una duración de entre 1 y 3 meses y llega a su máxima expresión cuando ocurren eventos ENSO positivos. La incompatibilidad de los resultados puede tener como causal que la resolución espacial de las imágenes MODIS es más baja (250×250 m) y a la falta de muestreo en campo, por consiguiente, se recomienda que la teledetección y el análisis NDVI sirvan siempre como un complemento del muestreo de campo para delimitar ecosistemas áridos.

Lomas del cerro Ochiputur cuenta con una categorización de ecosistema frágil desde el año 2018, a pesar de ello, como área prioritaria para la conservación de la biodiversidad ha pasado desapercibida y hoy se

encuentra vulnerable ante los impactos de actividades socioeconómicas y expansión urbana. En virtud de su conservación, esperamos que la actualización de su línea base de flora vascular sea un incentivo para tomar medidas para preservar esta área natural y se considera fundamental continuar con el relevamiento de línea base de otras lomas de la región de La Libertad, cuyo conocimiento es aún incipiente. Asimismo, es perentorio incluir a los arenales dentro del área de conservación por su alto grado de endemismo, su baja resiliencia y su vulnerabilidad ante actividades humanas. El presente estudio propone un modelo de trabajo para la identificación y delimitación del ecosistema desértico de lomas que inicia con el mapeo del área a través de la teledetección, el cual permite obtener localidades probables de lomas y una extensión provisional de la cobertura vegetal para el ecosistema, que luego necesita ser complementado con muestreo de campo y la revisión de registros históricos en herbario, e incluye la identificación de impulsores de cambio que puedan ser perjudiciales para el futuro del área. La unificación de estos datos permitirá la priorización de localidades con base en su estado de conservación actual y mejorará la gestión de diversidad biológica de estos ecosistemas. Por último, se enfatiza la necesidad de evaluar conceptualmente la definición de lomas en espacios político-normativos, teniendo en cuenta su límite altitudinal, su posición geográfica, su composición florística, su conexión con ecosistemas altoandinos y las unidades del paisaje que conforman el ecosistema.

Agradecimientos

A Eric Rodríguez y al Herbarium Truxillense (HUT) por su atención y acceso a las colecciones del herbario. A Hamilton Beltrán y Juan José Alegría por su ayuda en la identificación de especies de las familias Asteraceae y Poaceae, respectivamente. A Jael Odar Tavara por su apoyo en las colectas de campo. A Boris Esquerre Ibáñez y Agostina B. Sassone por sus valiosos comentarios para la versión final del manuscrito. A Gustavo Hassemer y Federico Luebert por suspreciadas observaciones para las notas taxonómicas. A Víctor Corcuerá Cueva por sus constantes esfuerzos para generar información y promover la conservación del cerro Ochiputur. Esta publicación está dedicada a la memoria de Nicolás Angulo Espino, médico cirujano de profesión, botánico, catedrático y fundador del Herbarium Truxillense (HUT), cuyos registros en lomas de cerro Ochiputur han servido de insumo para el presente trabajo. Su gran aporte a la botánica y a la formación de profesionales trascienden hasta la actualidad.

Referencias

- Alonso, C. y Solórzano, R. (2021). Problemática socioambiental de las lomas costeras de Lima: una revisión. *Social Innovations Sciences*, 2, 18–28. <https://doi.org/10.58720/sis.v2i2.50>
- Arana, C. (2019). *Ecología y biogeografía de las plantas vasculares de las lomas del Perú Central (Tesis de maestría)*. Unidad de Posgrado, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Assaeed, A., Al-Rowaily, S., I. El-Bana, M., Abood, A., Dar, B. y Hegazy, A. (2019). Impact of off-road vehicles on soil and vegetation in a desert rangeland in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26, 1187–1193. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.05.001>
- Belnap, J. (2003). The world at your feet: desert biological soil crusts. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1, 181–189.
- Beltrán, H., Vadillo, G. y Palomino, F. (2017). Flora y vegetación de la Reserva Nacional de Calipuy, La Libertad. *Arnaldoa*, 24, 267–288. <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.241.24111>
- Brito, J. y Pleguezuelos, J. (2020). Desert biodiversity —world's hot spots/globally outstanding biodiverse deserts. En M. Goldstein y D. DellaSala (Eds), *Encyclopedia of the World's Biomes*, Vol. 2 (pp. 10–22). Berlín: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11794-4>
- Cano, A., Arakaki, M., Roque, J., La Torre M. I., Refulio, N. y Arana, C. (2001). Flora vascular en las lomas de Ancón y Carabayllo Lima, Perú durante El Niño 1997-98. En J. Tarazona, W. E. Arntz y E. Castillo de Maruenda (Eds.) *El Niño en América Latina: impactos biológicos y sociales* (pp. 259–265). Lima: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Caramanica, A., Quilter, J., Huaman, L., Villanueva, F. y Morales, C. (2018). Micro-remains, ENSO, and environmental reconstruction of El Paraíso, Peru, a late preceramic site. *Journal of Archeological Science: Reports*, 17, 667–677. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.11.026>
- Cereceda, P., Osse, P., Larraín, H., Fariñas, M., Lagos, M., Pinto, R. et al. (2002). Advective, orographic and radiation fog in the Tarapacá region, Chile. *Atmospheric Research*, 64, 261–271. [https://doi.org/10.1016/S0169-8095\(02\)00097-2](https://doi.org/10.1016/S0169-8095(02)00097-2)
- Chase, M., Christenhusz, M., Fay, M., Byng, J., Judd, W., Soltis, D. et al. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181, 1–20.
- Chávez, R., Moreira-Muñoz, A., Galleguillos, M., Olea, M., Aguayo, J., Latín, A. et al. (2019). GIMMS NDVI time series reveal the extent, duration, and intensity of “blooming desert” events in the hyper-arid Atacama Desert, Northern Chile. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 76, 193–203. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.11.013>.
- Cornejo-Badillo, V., Collazos-Huamán, J., Wong-Sato, A., Cruz-Ledesma, L. y Garzón-Flores, A. (2022). Composición florística y riqueza de la flora vascular de las Lomas de Mangomarca, Lima, Perú, durante el período 2013-2014. *Actualidades Biológicas*, 45, 1–18. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi/v45n118a03>
- Cuba-Melly, N. y Meerow, A. (2021). Proposal to conserve the name *Pancratium flavum* (*Stenomesson flavum*) against *P. croceum* (*S. croceum*, *Clinanthus croceus*) (Amaryllidaceae). *Taxon*, 70, 1136–1137. <https://doi.org/10.1002/tax.12581>
- Cuba-Melly, N. y Odar, J. (2018). Diversidad de flora vascular de las lomas de Granados y posibles amenazas a su conservación, provincia de Huaral, Lima Perú. *The Biologist*, 16, 237–250. <https://doi.org/10.24039/rtb2018162245>
- Decreto Supremo N° 007-2020-MINAGRI [Ministerio de Agricultura y Riego]. Protocolo de actuación interinstitucional para gestionar y proteger los ecosistemas incluidos en la Lista Sectorial de Ecosistemas Frágiles. Diario Oficial El Peruano, 14 de agosto de 2020.
- Delves, J., Albán-Castillo, J., Cano, A., Fernández-Avilés, C., Gagnon, E., González, P. et al. (2023). Small and in-country herbaria are vital for accurate plant threat assessments: a case study from Peru. *Plants, People, Planet*, 166, 1–12. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10425>
- Dillon, M., Nakawaka, M. y Leiva, S. (2003). The lomas formations of Coastal Peru: composition and biogeographic history. El Niño in Peru: biology and culture over 10,000 years. *Fieldiana: Botany. Chicago*, 43, 1–9.
- Dillon, M., Leiva, S., Zapata, M., Lezama, P. y Quipuscoa, V. (2011). Catálogo florístico de las lomas peruanas. *Arnaldoa*, 18, 7–32.
- Dillon, M. y Rundel, P. (1990) The botanical response of the Atacama and Peruvian Desert floras to the 1982-83 El Niño event. En PW Glynn (Ed.), *Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño Southern Oscillation*. Amsterdam. Elsevier Oceanographic Series, 52, 487–504.
- Eckardt, F., Soderberg, K., Coop, L., Muller, A., Vickery, K., Grandin, R. et al. (2013). The nature of moisture at Gobabeb, in the central Namib Desert. *Journal of Arid Environments*, 93, 7–19. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2012.01.011>
- Espejo-Serna, López-Ferrari A. y Ceja-Romero, J. (2009). Commelinaceae*. En J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*, fascículo 162 (pp. 1–122). Pátzcuaro, México: Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío.
- Ferreyra, R. (1983). Los tipos de vegetación de la costa peruana. *Anales del Jardín Botánico Madrid*, 40, 241–256.
- Ferrier, S., Ninan, K., Leadley, P., Alkemade, R., Acosta, L., Akçakaya, H. et al. (2016). *The methodological assessment report on scenarios and models of biodiversity and ecosystem services*. Bonn, Alemania: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES).
- Freire, S., Monti, C., Bayón, N., y Giuliano, D. (2022). Nuevos registros del género *Gamochaeta* (Asteraceae: Gnaphalieae) en Ecuador. *Biota colombiana*, 23, e201. <https://doi.org/10.21068/2539200x.992>
- Freire, S., Salomón, L., Bayón, N., Baeza, C., Muñoz-Schick, M. y Migoya, M. (2016). Taxonomic revision of the genus *Gamochaeta* Wedd. (Gnaphalieae, Asteraceae) in Chile.

- Gayana Botánica*, 73, 292–345. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432016000200292>
- Galán-De Mera, A., Vicente, J., Lucas-García, J. y Probanza, A. (1997). Phytogeographical sectoring of the Peruvian coast. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 6, 349–367.
- Garreaud, R., Molina, A. y Farías, M. (2010). Andean uplift, ocean cooling and Atacama hyperaridity: A climate modeling perspective. *Earth and Planetary Science Letters*, 292, 39–50. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2010.01.017>
- GBIF. (2023). Global Biodiversity Information Facility. <https://www.gbif.org/>
- Gonzáles, F., Craven, D. y Armesto, J. (2023). Islands in the mist: a systematic review of the coastal lomas of South America. *Journal of Arid Environments*, 2011, 104942. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2023.104942>
- Hartley, A. y Chong, G. (2002). A late Pliocene age for the Atacama Desert: implications for the desertification of western South America. *Geology*, 30, 43–46.
- Hassemer, G. (2018a). Taxonomic and geographic notes on the neotropical *Commelinaceae* (Commelinaceae). *Webbia*, 73, 23–53. <https://doi.org/10.1080/00837792.2018.1442967>
- Hassemer, G. (2018b). Typification of five neotropical species of *Commelinaceae* (Commelinaceae). *Phytotaxa*, 350, 15–23. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.350.1.2>
- Hassemer, G. (2019). Further advances to the nomenclatural, taxonomic and geographic knowledge of the New World *Commelinaceae* (Commelinaceae): toward a continental treatment. *Phytotaxa*, 400, 89–122. <https://doi.org/10.11646/PHYTOTAXA.400.3.1>
- Hunt, D. (1994). Commelinaceae. En G. Davidse, M. Sousa y O. Chatter (Eds.), *Flora Mesoamericana*. Fascículo 6. Ciudad de México: Missouri Botanical Garden/ Instituto de Biología-UNAM/ The Natural History Museum (London).
- Hunt, D. y Arroyo-Leuenberger, S. (2017) Commelinaceae. En A. N. Retana (Ed.) *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Vol. 137*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hurrell, J., Delucchi, G. y Novara, L. (2023). Flora del valle de Lerma (Salta-Argentina). Commelinaceae Mirbel, nom. cons. *Revista de Ciencias Naturales*, 1, 22–48.
- INGEMMET (Instituto Geológico Minero Metalúrgico). (2016). Mapa Geomorfológico. Geoportal Geocatmin. Recuperado el 15 de agosto, 2023 de <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- Johnston, I. (1928). Studies in the Boraginaceae VII. The South American species of *Heliotropium*. *Contributions from the Gray Herbarium of Harvard University*, 81, 3–73.
- Laity, J. (2009). *Deserts and desert environments*. Environmental Systems and Global Change Series, Vol 3. Chichester: Wiley-Blackwell.
- La Torre-Cuadros, M. A. y Linares-Palomino, R. (2008). Mapas y clasificación de vegetación en ecosistemas estacionales: un análisis cuantitativo de los bosques secos de Piura. *Revista Peruana de Biología*, 15, 31–42.
- Leiva, S., Rodríguez, E., Pollack, L., Briceño J., Gayoso, G., Chang, L. et al. (2019). Diversidad de flora, fauna y disponibilidad hídrica en el centro poblado Caray, distrito, provincia Virú, Perú. *Arnaldoa*, 26, 223–276. <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26110>
- Leiva, S., Zapata, M., Gayoso, G., Chang, L., Dillon, M. y Quipuscoa, V. (2014). Diversidad florística de la loma Cerro Campana, provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad-Perú. *Arnaldoa*, 21, 187–220.
- Leiva, S., Zapata, M., Gayoso G., Lezama, P., Quipuscoa, V. y Dillon, M. (2008). Diversidad florística de la Loma Mongón, Provincia Casma, Departamento Ancash, Perú. *Arnaldoa*, 15, 45–62.
- León, B., Cano, A. y Young, K. (2002). Los helechos de las lomas costeras del Perú. *Arnaldoa*, 9, 7–42.
- Lleellish, M., Odar, J. y Trinidad, H. (2015). *Guía de flora de las lomas de Lima*. Lima: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre.
- Lovich, J. y Bainbridge, D. (1999). Anthropogenic degradation of the Southern California Desert ecosystem and prospects for natural recovery and restoration. *Environmental Management*, 24, 309–326. <https://doi.org/10.1007/s00267900235>
- Luebert, F. y Hilger, H. (2014). Typification of *Heliotropium* and *Tournefortia* (Heliotropiaceae) species described by Ruiz and Pavón. *Anales Del Jardín Botánico de Madrid*, 71, e012. <https://doi.org/10.3989/ajbm.2332>
- Luebert, F., Weigend, M. y Hilger, H. (2010). Epitypification of *Heliotropium arborescens* L. (Heliotropiaceae). *Taxon*, 59, 1263–1266. <https://doi.org/10.1002/tax.594023>
- MA (Millennium Assessments). (2005). *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*. Washington D.C.: World Resources Institute.
- Madrid-Ibarra, F. M. y Cabanillas-Rodríguez, E. (2020). Diversidad florística de Lomas de Lúcumo, Lima, Perú. *Biotempo*, 17, 287–299. <https://doi.org/10.31381/biotempo.v17i2.3368>
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). (2020). Decreto Supremo N° 007-2020-MINAGRI. Protocolo de actuación interinstitucional para gestionar y proteger los ecosistemas incluidos en la lista sectorial de ecosistemas frágiles. Diario Oficial El Peruano del 14 de agosto de 2020. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/normas-legales/1114524-007-2020-minagri>
- MINAM (Ministerio del Ambiente). (2019). Mapa de Ecosistemas del Perú: Memoria descriptiva. Recuperado el 18 julio, 2023 de https://cdn-www.gob.pe/uploads/document/file/309735/Memoria_descriptiva_mapa_Nacional_de_Ecosistemas.pdf et <https://geoservidor.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/MAPA-NACIONAL-DE-ECOSIS TEMAS.zip>
- MINCUL (Ministerio de Cultura). (2001a). Memoria descriptiva. Zona intangible del Área Cerro Alto Salaverry (Área IX) y Cerro Ochiputur (Área X). MINCUL.

- MINCUL (Ministerio de Cultura). (2001b). Memoria descriptiva. Zona intangible del Área Arqueológica: Quebrada La Mina (Área VIII). MINCUL.
- Moat, J., Orellana-García, A., Tovar, C., Arakaki, M., Arana, C., Cano, A. et al. (2021). Seeing through the clouds. Mapping desert fog oasis ecosystems using 20 years of MODIS imagery over Peru and Chile. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 103, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102468>
- Montesinos-Tubée, D. y Mondragón, L. (2020). Registros de flora vascular en los distritos de Bella Unión y Acarí, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa, Perú, durante el evento de lluvias del verano de 2020. *Chloris Chilensis*, 23, 94–117.
- Morillo, G. (2015). Aportes al conocimiento de las Gonolobinae Parte III (Apocynaceae, Asclepiadoideae). *Pittieria*, 39, 191–258.
- Mostacero, J., Mejía, F., Zelanda, W. y Medina, C. (2007). *Biogeografía del Perú*. Trujillo, Perú: Asamblea Nacional de Rectores.
- Müller, G. (1985). Zur floristischen Analyse der peruanischen Loma-Vegetation. *Flora*, 176, 153–165.
- Nano, C. y Pavey, C. (2013). Refining the ‘pulse-reserve’ model for arid central Australia: Seasonal rainfall, soil moisture and plant productivity in sand ridge and stony plain habitats of the Simpson Desert. *Austral Ecology*, 38, 741–753. <https://doi.org/10.1111/aec.12036>
- Nieuwland, B. y Mamani, J. (2017). Las lomas de Lima: enfocando ecosistemas desérticos como espacios abiertos en Lima metropolitana. *Espacio y Desarrollo*, 29, 109–133. <https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201701.005>
- Noy Meir, I. (1973). Desert ecosystems: environment and producers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 25–51. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000325>
- Nualart, N., Ibáñez, N., Soriano, I. y López-Pujol, J. (2017). Assessing the relevance of Herbarium Collections as tools for conservation biology. *The Botanical Review*, 83, 303–325. <https://doi.org/10.1007/s12229-017-9188-z>
- Ostolaza, C. (2014). *Todos los cactus del Perú*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Peralta, I., Knapp, S. y Spooner, D. (2005). New Species of Wild Tomatoes (Solanum Section Lycopersicon: Solanaceae) from Northern Peru. *Systematic Botany*, 30, 424–434. <https://doi.org/10.1600/0363644054223657>
- Pettorelli, N., Vik, J., Mysterud, A., Gaillard, J., Tucker, C. y Stenseth, N. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology and Evolution*, 20, 503–510. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.011>
- Pollack, L., Rodríguez, E., Leiva, S., Saldaña, I., Alvítez, E., Briceño, J. et al. (2020). Amenazas y desastres antrópicos frecuentes en el Área de Conservación Privada (ACP) Lomas Cerro Campana (provincias Trujillo y Ascope, región La Libertad, Perú). *Arnaldoa*, 27, 83–98. <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.271.27103>
- POWO (Plants of the World Online). (2023). Royal Botanic Gardens Kew. Recuperado el 20 setiembre, 2023 de <https://pwo.science.kew.org/>
- QGIS.org. 2023. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. Recuperado de <http://www.qgis.org>
- Quipuscoa, V., Tejada, C., Fernández, C., Durand, K., Pauca, A. y Dillon, M. (2016). Diversidad de plantas vasculares de las Lomas de Yuta, Islay, Arequipa, Perú. *Arnaldoa*, 23, 517–546. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.232.23207>
- Rauh, W. (1985). The Peruvian-Chilean desert. En M. Evenari, I. Noy-Meir y D. W. Goodall (Eds.), *Ecosystems of the World: hot desert and arid shrublands*. Amsterdam: Elsevier.
- Ravenna, P. (1988). Studies in the genus *Stenomesson* (Amaryllidaceae). *Onira*, 1, 17–21.
- Reynolds, J., Kemp, P., Ogle, K. y Jiménez, R. (2004). Modifying the ‘pulse-reserve’ paradigm for deserts of North America: precipitation pulses, soil water, and plant responses. *Oecologia*, 41, 194–210. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1524-4>
- Robinson, B. (1906). Studies in the Eupatorieae. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, 42, 3–48.
- Ruhm, J., Bohnert, T., Mutke, J., Luebert, F., Montesinos-Tubée, D. y Weigend, M. (2022). Two sides of the same desert: floristic connectivity and isolation along the hyperarid coast and precordillera in Peru and Chile. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 862846. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.862846>
- Ruiz, H. y Pavón, J. (1798). *Flora Peruviana et Chilensis, Vol. I*. Madrid: Gabriel de Sancha. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.814>
- Rundel, P., Dillon, M., Palma, B., Mooney, H., Gulmon, S. y Ehleringer, J. (1991). The phytogeography and ecology of the coastal Atacama and Peruvian deserts. *Aliso*, 13, 1–49.
- Sagástegui, A., Mostacero, L. y López, S. (1988). Fitoecología del Cerro Campana. *Boletín de la Sociedad Botánica de La Libertad*, 14, 1–47.
- Santa Cruz, L., Cano, A., La Torre, M. I., Campos-de la Cruz, J. y Rodríguez, E. F. (2020). Flora vascular de las Lomas de Mangomarca, San Juan de Lurigancho, Lima-Perú. *Arnaldoa*, 27, 649–674. <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.273.27301>
- SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre). (2018a). Lista sectorial de Ecosistemas Frágiles. Recuperado el 04 de mayo, 2023 de <https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2018/07/Lista-de-Ecosistemas-Fr%C3%A1giles-19-07-2018.pdf>
- SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre). (2018b). Ficha técnica de campo: Ecosistema frágil Loma Ochiputur. Recuperado el 04 de mayo, 2023 de <https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2018/07/01-FTC-Ochiputur.pdf>
- Sotomayor, D. y Jiménez, P. (2008). Condiciones meteorológicas y dinámica vegetal del ecosistema costero Lomas de Atiquipa (Caravelí-Arequipa) en el sur del Perú. *Ecología Aplicada*, 7, 1–8.

- Smith, J. y Pettorelli, N. (2020). Desert conservation and management: biodiversity loss. En M. Goldstein y D. DellaSala (Eds.), *Encyclopedia of the World's Biomes, Vol. 2* (pp. 193–200). Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11917-7>
- Thiers B. (2023). *Index Herbariorum: a global directory of public 22 herbaria and associated staff*. Recuperado el 12 de setiembre, 2023 de <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>.
- Tovar, C., Sánchez-Infantas, E. y Teixeira-Roth, V. (2018). Plant community dynamics of lomas fog oasis of Central Peru after the extreme precipitation caused by the 1997-98 El Niño event. *Plos One*, 13, e0190572. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190572>
- Tovar, O. (1993). Las gramíneas (Poáceas) del Perú. *Ruizia*, 13, 1–481.
- Trinidad, H., Huamán-Melo, E., Delgado, A. y Cano, A. (2012). Flora vascular de las lomas de Villa María y Amancaes, Lima, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 19, 149–158.
- Tropicos. (2023). Missouri Botanical Garden. Recuperado el 20 setiembre, 2023 de <https://www.tropicos.org/home>
- Turland, N., Wiersema, J., Barrie, F., Greuter, W., Hawksworth, D., Herendeen, P. et al. (Eds.). (2018). International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017. Regnum Vegetabile 159. Glashütten: Koeltz Botanical Books. <https://doi.org/10.12705/Code.2018>
- USGS. (2022). United States Geological Survey. Earth Explorer. Recuperado el 15 de agosto, 2023 de <http://earthexplorer.usgs.gov/>
- Velarde, M. (1945). Estudio sobre la vegetación y flora de las lomas de Lupín. *Revista de Ciencias*, 47, 665–700.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras* (2a ed.). Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Vining, B., Hillman, A. y Contreras, D. (2022). El Niño Southern Oscillation and enhanced arid land vegetation productivity in NW South America. *Journal of Arid Environments*, 198, 104695. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104695>.
- Weberbauer, A. (1945). *El mundo vegetal de los Andes peruanos. Estudio fitogeográfico*. Estación Experimental Agrícola de La Molina. Lima: Ministerio de Agricultura.
- Weier, J. y Herring, D. (2000). Measuring vegetation (NDVI y EVI). Disponible en: http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_1.php
- Whaley, O., Orellana-García, A. y Pecho-Quispe, J. (2019). An annotated checklist to vascular flora of the Ica Region, Peru —with notes on endemic species, habitat, climate and agrobiodiversity. *Phytotaxa*, 389. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.389.1.1>
- Whitford, W. y Duval, B. (2020). *Ecology of desert systems (Second Edition)*. Londres: Academic Press, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02227-9>
- Wiesman, Z. (2009). Key characteristics of the desert environment, Chapter 3. En Z. Wiesman (Ed.), *Desert olive oil cultivation* (pp. 31–53). San Diego, CA: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374257-5.00003-8>
- Williams, T., Schlichting, C. y Holsinger, K. (2021). Herbarium records demonstrate changes in flowering phenology associated with climate change over the past century within the Cape Floristic Region, South Africa. *Climate Change Ecology*, 1, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ecochg.2021.100006>
- Wuerthner, G. (2020). Mechanical recreation impacts on desert ecosystems. En M. I. Goldstein y D. A. DellaSala (Eds.), *Encyclopedia of the World's Biomes, Vol. 2* (pp. 230–235). Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12111-6>